

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwigs-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von

Prof. Dr. Ellen Kienzle

Angefertigt an der Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft der Hochschule
Weihenstephan-Triesdorf

(Prof. Dr. Gerhard Bellof)

**Effekte steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in der Intensivmast von
männlichen B.U.T. 6 Mastputen unter besonderer Berücksichtigung eines
Zufallsbefundes der Schilddrüse**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität

München

von

Petra Nicole Plesch

aus München

München 2014

**Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ. Prof.-Dr. Joachim Braun

Referentin: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Korreferent/en: Prof. Dr. Armin Scholz

Univ. – Prof. Dr. Rüdiger T. Korbel

Univ. – Prof. Dr. Walter Hermanns

Univ. – Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 EINLEITUNG.....	1
2 LITERATURÜBERSICHT	3
2.1 LITERATURÜBERSICHT: EFFEKTE STEIGENDER ANTEILE AN RAPSEXTRAKTIONSSCHROT IN DER INTENSIVMAST VON MÄNNLICHEN B.U.T.6 MASTPUTEN	3
2.1.1 <i>Antinutritive Inhaltsstoffe der Rapspflanze und ihre unerwünschten Effekte auf die Tiergesundheit</i>	3
2.1.2 <i>Gründe für die Bemühungen des Ersatzes von SES durch RES</i>	6
2.1.3 <i>Nutritive Eigenschaften von RES im Vergleich zu SES für die Geflügelfütterung</i>	9
2.1.4 <i>Bisherige Ergebnisse zum Einsatz von RES beim Mastgeflügel</i>	13
2.1.4.1 RES in der Fütterung von Broilern	13
2.1.4.2. RES in der Fütterung von Mastputen.....	17
2.1.5 <i>Der Putengenotyp B.U.T.6</i>	21
2.1.5.1 Organisation und Vertriebsstruktur der Zuchtunternehmen.....	21
2.1.5.2 Einsatz, Eigenschaften und Mastleistungen von B.U.T.6 Mastputen	21
2.1.5.3 Zucht moderner Mastputenhybriden	22
2.1.5.4. Die Fütterung von B.U.T.6 Mastputen.....	24
2.1.5.5 Typische Erkrankungen schnellwachsender Putenherkünfte	25
2.1.5.5.1 Beinschwächesyndrom mit besonderer Berücksichtigung der Pododermatitis	25
2.1.5.5.2 Brusthautläsionen	27
2.1.5.5.3 Herz-/ Kreislaferkrankungen.....	27
2.2 LITERATURÜBERSICHT: BEFUND EINER HASHIMOTO-ÄHNLICHEN THYREOIDITIS BEI MÄNNLICHEN B.U.T.6 MASTPUTEN.....	29

2.2.1 Hashimoto Thyreoiditis beim Menschen	29
2.2.2 Hashimoto Thyreoiditis und Hypothyreose bei Tieren	33
2.2.3 Das Obese Strain Hühner-Modell als Beleg für die Möglichkeit einer autoimmunen Thyreoiditis beim Geflügel.....	35
3 PUBLIKATIONEN.....	38
3.1 EFFEKTE STEIGENDER ANTEILE AN RAPSEXTRAKTIONSSCHROT IN DER INTENSIVMAST VON MÄNNLICHEN B.U.T.6 MASTPUTEN	38
3.2 BEFUND EINER HASHIMOTO-ÄHNLICHEN THYREOIDITIS BEI MÄNNLICHEN B.U.T.6 MASTPUTEN.....	68
4 DISKUSSION	82
4.1 DISKUSSION: EFFEKTE STEIGENDER ANTEILE AN RAPSEXTRAKTIONSSCHROT IN DER INTENSIVMAST VON MÄNNLICHEN B.U.T. 6 MASTPUTEN	82
4.1.1 Allgemeines	82
4.1.2 Vergleich des eigenen Versuchsaufbaus mit der Methodik anderer Studien.....	82
4.1.3 Diskussion der Fußballengesundheit unter dem Einfluss der Fütterung	85
4.1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der vorliegenden Studie	88
4.2 DISKUSSION: ZUFALLSBEFUND EINER HASHIMOTO-ÄHNLICHEN THYREOIDITIS BEI MÄNNLICHEN B.U.T.6 MASTPUTEN.....	90
4.2.1 Anmerkungen.....	90
4.2.2 Vergleich der vorliegenden Befunde mit ähnlichen Berichten aus der Literatur ...	91
4.2.3 Diskussion der Möglichkeit einer Hashimoto-ähnlichen Autoimmunthyreoiditis bei modernen Mastputenhybriden	93
4.3 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	97
5 ZUSAMMENFASSUNG.....	98
6 SUMMARY	100
6 LITERATURVERZEICHNIS	102
7 DANKSAGUNG.....	114

Abkürzungsverzeichnis

AME _N	Stickstoff-korrigierte, scheinbare, umsetzbare Energie
ANF	Antinutritive Faktoren
AS	Aminosäure
Ck	Creatinkinase
Cl	Chlorid
DCAB	dietary cation anion balance (Kationen-Anionen-Bilanz)
DES	Diethylstilbesterol
dt	Dezitonne
EEF	European Efficiency Factor
FM	Frischmasse
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase
GSL	Glucosinolate
GVO	gentechnisch veränderte Organismen
IS	Industriestandard
K	Kalium
Lw	Lebenswoche
ME	metabolizable energy (umsetzbare Energie)
MJ	Megajoule
MTU	Methylthiouracil
Na	Natrium

RES.....	Rapsextraktionsschrot
S.....	Schwefel
SAT	spontane Autoimmunthyreoiditis
SD.....	Schilddrüse
SDS.....	sudden death syndrome
SES	Sojaextraktionsschrot
t.....	Tonne
TD.....	Tibiale Dyschondroplasie
TM.....	Trockenmasse
TMA	Trimethylamin
TPO	Thyreoperoxidase
Tg	Thyreoglobulin
T3	Trijodthyronin
T4	Thyroxin
tgl.....	täglich
UFOP.....	Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen
XF.....	Rohfaser
XL.....	Rohfett
XP	Rohprotein

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entstehung von Abbauprodukten bei der Spaltung der Glucosinolate (aus KLING und WÖHLBIER, 1983).....	3
Abbildung 2: Verbrauch an Ölkuchen und Ölschroten aus Ölsaaten der Jahre 2009/2010 in Deutschland nach DVT (2012).....	6
Abbildung 3: Anstieg des weltweiten Handelsvolumens von Sojabohnen und deren Verarbeitungsprodukten (aus STOPP et al. (2012) nach FAOSTAT (2012)).....	7
Abbildung 4: Rohstoffverbrauch an Schroten, Expellern und Kuchen aus Sojabohnen und Rapssaat der deutschen Mischfutterhersteller nach DVT (2012).....	8
Abbildung 5: Vergleich der wichtigsten Inhaltsstoffe von RES und SES nach DUSEL und WEIß (2011) und WEBER und SCHULZE (2013).....	9
Abbildung 6: Vergleich der essentiellen Aminosäuregehalte von RES und SES nach EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010).....	10
Abbildung 7: Vergleich der nachrangig essentiellen Aminosäuren im SES und RES nach EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010).....	11
Abbildung 8: Vergleich der standardisierten, ilealen Aminosäureverdaulichkeiten von Mastputen für die essentiellen Aminosäuren im SES und RES nach KOZLOWSKI et al. (2011) und EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010)	12
Abbildung 9: Vergleich der wichtigsten Mineralstoffgehalte im SES und RES nach LFL (2012).....	12
Abbildung 10: Vergleich eines 10 Wochen alten weiblichen normalen weißen Leghorn- (NWL) Huhns (links) mit einem Obese-Strain-(OS) Leghorn-Huhn (rechts) aus WICK et al. (1974)	36
Abbildung 11: Pododermatitisscore nach BERK (2009),	84
Abbildung 12: Vergleich des Anionen- und Kationengehalts in SES vs. RES nach LFL (2013)	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellarische Übersicht zu Studien über den Einsatz von RES in der Broilermast	16
Tabelle 2: Tabellarische Übersicht zu Studien über den Einsatz von RES in der Putenmast	20
Tabelle 3: Leistungsziele in der B.U.T.6 Putenmast nach AVIAGEN TURKEYS (2012)	22
Tabelle 4: Bedarfsempfehlungen für männliche B.U.T.6 Mastputen für die 6-Phasenmast in Anlehnung an AVIAGEN TURKEYS (2009)	25
Tabelle 5: Zusammenfassung der wichtigsten Symptome einer klinisch manifesten Hypothyreose beim Menschen nach LATROFA und PINCHERA (2008).....	32
Tabelle 6: Kationen-Anionen-Bilanz der eingesetzten Alleinfuttermittel.....	87
Tabelle 7: Futtermittelpreise für die Kalkulation von Alleinfuttermischungen für die Putenmast (5-jähriges Mittel, 2008-2012) nach BELLOF und WEINDL (2013).....	88
Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Fütterung von RES in der vorliegenden Studie	89

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren erlangte der Verzehr von Geflügelfleisch in Deutschland immer größere Beliebtheit. Seitens des Verbrauchers bieten sowohl die nutritiven Eigenschaften (geringer Fettgehalt) als auch eine leichte Zubereitung des Geflügelfleisches Vorteile (BELLOF und WEINDL, 2013). Aber auch die vergleichsweise kostengünstige Produktion hat aus der Sicht des Erzeugers einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung des Geflügelfleischkonsums geleistet (BELLOF und WEINDL, 2013). So war in den Jahren 2000 bis 2011 ein Anstieg des Pro-Kopf-Verbrauches an Geflügelfleisch in Deutschland um 2,9 kg zu vermerken (2000: 16 kg; 2011: 18,9 kg) (AGRARMÄRKTE, 2012). Hierbei belegt die Hähnchenfleischproduktion derzeit mit 60,5 % den größten Anteil der Geflügelfleischerzeugung in Deutschland (DESTATIS, 2013). An zweiter Stelle befindet sich mit 32,5 % die Putenfleischproduktion (DESTATIS, 2013). Auch in dieser Kategorie macht sich der insgesamt gestiegene Geflügelfleischkonsum bemerkbar. Der Anstieg der Erzeugung von Putenfleisch in Deutschland in dem Zeitraum von 2000 bis 2011 von 292.000 t auf 423.000 t pro Jahr (AGRARMÄRKTE, 2012), stellt allerdings auch neue Herausforderungen für diesen Sektor dar. So macht sich neben dem gestiegenen Putenfleischkonsum der Bevölkerung auch eine zunehmend kritische Betrachtung des Verbrauchers gegenüber produktionstechnischen Abläufen in der konventionellen Putenmast bemerkbar. Hierbei stellen der Gesundheitszustand, die Haltung sowie die Fütterung des Geflügels zentrale Diskussionsthemen dar. Ein wichtiger Kritikpunkt sind hierbei auch die fehlenden rechtlichen Vorgaben für die Putenhaltung in Deutschland (PROPLANTA, 2013). Die Schaffung „Bundeseinheitlicher Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen“ in Niedersachsen im März 2013 sollte die bisher geltende „Putenvereinbarung über Mindestanforderungen in der Putenhaltung“ von 1999 ersetzen (DETER, 2013). Einen wichtigen Bestandteil der neuen Eckwerte stellt das Gesundheitskontrollprogramm, welches sich mit aktuellen Problemen der intensiven Putenmast, wie Tierverluste, Fußballengesundheit und Brusthautläsionen befasst dar (PROPLANTA, 2013; VERBAND DEUTSCHER PUTENERZEUGER, 2013). Das gestiegene gesellschaftliche Interesse des Verbrauchers an der Haltung und Fütterung von Geflügel belegen auch aktuelle Kooperationen zwischen Supermarktketten wie EDEKA und dem WWF Deutschland (BELLOF und WEINDL, 2013), welche den Verbraucherwünschen nachgehen und eine nachhaltige Geflügelfütterung aus heimischen Futtermitteln zum Ziel haben.

So wurden in der EU, im Jahr 2011 50,95 Millionen t Mischfuttermittel für die gesamte Geflügelproduktion hergestellt (FEFAC, 2013). Dies sind 3,07 Millionen t mehr als im Jahr 2007 (FEFAC, 2013). Dabei stellt Sojaextraktionsschrot (SES) aus importierten Sojabohnen das dominierende Eiweißfuttermittel für die Geflügelfütterung in Deutschland dar. Der hohe Preis von Soja, die Abhängigkeit europäischer Länder vom Import dieses Futtermittels sowie die umweltbelastenden und sozialen Folgen der Exportländer durch den Einsatz von SES (PENGUE, 2004; 2005) lassen den Rapsextraktionsschrot (RES) als qualitativ hochwertiges, heimisches SES-Substitut immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Auch die folgende Arbeit behandelt den Gedanken einer nachhaltigeren Fütterung in der Putenmast und stellt aktuelle Gesundheitsprobleme moderner Mastputenhybriden im Zusammenhang mit einem Zufallsbefund dieser Arbeit dar. Das primäre Ziel der Studie war die Untersuchung der Eignung von RES als Ersatz von SES in der intensiven Putenmast. Aus diesem Grund sollte in der ersten Publikation dieser Arbeit geklärt werden, ob und zu welchen Anteilen RES in der Intensivmast von männlichen B.U.T. 6 Mastputen ohne negative Effekte auf die Gesundheit, Futteraufnahme, Mast- und Schlachtleistung, sowie der damit verbundenen Preiswürdigkeit angewendet werden kann. Zu diesem Zweck wurde SES in Alleinfuttermischungen männlicher B.U.T.6 Puten mit steigenden Anteilen (5 %-20 %) durch RES ersetzt. Um Rückschlüsse auf die Gesundheit der Puten ziehen zu können, wurden einige Organe der Tiere (Ständer, Lebern, Herzen, Schilddrüsen) näher analysiert und gewogen (Lebern, Herzen, Schilddrüsen). Insbesondere die Schilddrüsen wurden auf mögliche strumigene Effekte der im RES enthaltenen Glucosinolate histologisch untersucht. Da weit mehr als die Hälfte aller untersuchten Schilddrüsen, ungeachtet der Höhe der RES-Anteile im Alleinfutter, lymphozytäre Infiltrate aufwiesen, wurden weitergehende Untersuchungen getätigt. Das Bild dieser Infiltrate wies starke Parallelen zu dem der Hashimoto Thyreoiditis des Menschen auf. Die Möglichkeit einer solchen Erkrankung beim Geflügel zeigen Arbeiten von COLE (1966) und WICK et al. (1974, 2006), welche die Hashimoto Thyreoidits am Modell des Huhnes erforschten. Die Ergebnisse sowie die Möglichkeit einer solchen Erkrankung im Mastgeflügelbereich werden somit in der zweiten Publikation dieser Arbeit behandelt.

2 Literaturübersicht

2.1 Literaturübersicht: Effekte steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in der Intensivmast von männlichen B.U.T.6 Mastputen

2.1.1 Antinutritive Inhaltsstoffe der Rapspflanze und ihre unerwünschten Effekte auf die Tiergesundheit

Die Rapspflanze (*Brassica napus*) gehört zu der Familie der Kreuzblütengewächse (Brassicaceae). Ähnlich wie weitere Vertreter dieser Pflanzenart (z.B. Gemüsekohl, Rübsen, Senf) enthält auch die Rapspflanze, insbesondere Sorten die nicht den 00-Rapssorten angehören, antinutritive Faktoren (ANF) in Form von Glucosinolaten, der Erucasäure, Sinapinen und Tanninen. Während die antinutritiven Eigenschaften der Erucasäure, wie in Versuchen mit Ratten gezeigt wurde vor allen Dingen auf der Herzverfettung, Herzmuskelnekrosen (ABDELLATIF und VLES, 1970) und einer Wachstumsdepression (KRAMER et al., 1973) beruhen, haben insbesondere die Abbauprodukte der Glucosinolate einen Effekt auf die Schilddrüsenfunktion und somit das Wachstum, die Leistung und Fortpflanzungsfähigkeit (EFSA, 2007). Diese Abbauprodukte entstehen bei der Spaltung der Glucosinolate durch ein Enzym, die sogenannte Myrosinase (auch: Thioglucosidase, Glucosinolase), welche sich innerhalb der Pflanzenzelle räumlich getrennt voneinander befinden (EFSA, 2007). Erst bei Beschädigung der Pflanzenzelle, z.B. durch Verarbeitung der Rapspflanze, werden diese frei und es entstehen Metabolite, wie Thiocyanate, Isothiocyanate und Nitrile (EFSA, 2007). Diese Aglycone werden nun zu weiteren Metaboliten umgewandelt wie z.B. 5-Vinyl-2-Oxazolidinthion und 5-Vinyl-1,3-Oxazolidin-2-thion (KLING und WÖHLBIER 1983; TRIPATHI und MISHRA, 2007).

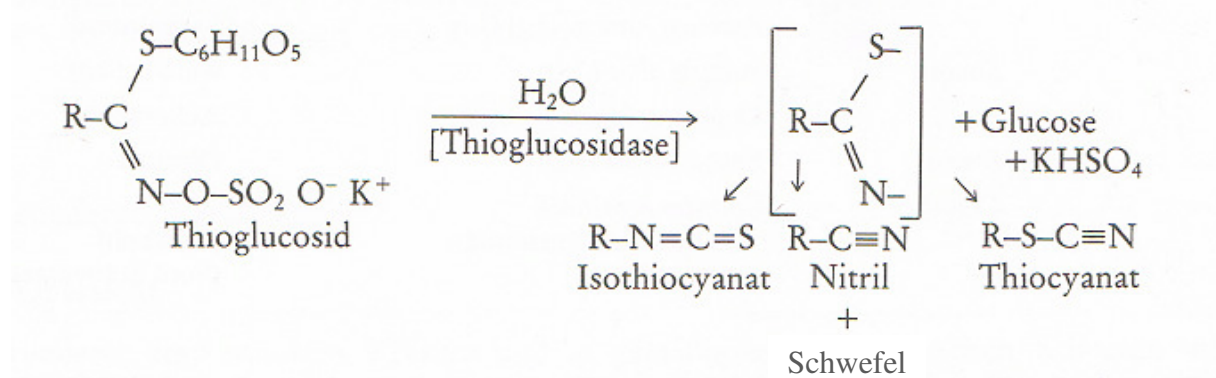


Abbildung 1: Entstehung von Abbauprodukten bei der Spaltung der Glucosinolate (aus KLING und WÖHLBIER, 1983)

Nitrile haben vor allen Dingen eine hepato- wie nephrotoxische Wirkung. Thiocyanate behindern die Aufnahme von Jod in die Schilddrüse und 5-Vinyloxazolidin-2-thion verhindert die Synthese der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) (EFSA, 2007). Daraus resultierende Symptome sind eine Hypothyreose sowie Kropfbildung mit den entsprechenden Folgen für den Stoffwechsel, das Wachstum und die Fortpflanzungsfähigkeit der Tiere (EFSA, 2007).

Bereits KENNEDY und PURVES (1941) berichten nach Versuchen an Ratten, welchen eine Rapssamendiät gefüttert wurde, von diesen Symptomen (verzögerte Entwicklung der Eierstöcke der weiblichen Tiere, Hypertrophie und Hyperplasie mit Kolloidverlust der Schilddrüse).

Dieselben histologischen Veränderungen der Schilddrüse fanden auch CLANDININ et al. (1966) als sie Broiler mit 15 % 5-Vinyl-2-Oxazolidinthion der Starterdiät fütterten, was damals 30 % RES mit hohen Oxazolidinthiongehalten entsprach.

Einen möglichen leistungsfördernden Effekt durch die Beeinflussung des Schilddrüsen- und letztendlich auch Gesamtstoffwechsels durch Rapssamen untersuchte TURNER (1946) an weißen Leghorn-Hühnern, deren Rationen, neben den damals gängigen Starter-Diäten, bis zu 40 % gemahlene Rapssamen enthielten. Der Vergleichsgruppe wurde neben derselben Starterdiät 0,1 % Thiouracil beigefüttert. Das Ziel dieser Studie war es, wie in vorhergehenden Studien an New Hampshire-Broilern untersucht (TURNER, 1946), das leistungsfördernde Thiouracil einzusparen und mittels hoher Rapsanteile, eine induzierte Hypothyreose zu erzielen und somit den Marktwert der Broiler zu steigern. Zwar zeigten die Broiler mit 40 % Rapssamen aus der Studie von TURNER (1946) nach 3 Wochen erhöhte Schilddrüsenengewichte, jedoch war das Wachstum dieser Broiler auch stark gehemmt im Vergleich zu der Gruppe, welche 0,1 % Thiouracil bekam (121,5 g vs. 163,9 g).

Ein weiterer Inhaltsstoff, welcher in der Vergangenheit zu Komplikationen in der Fütterung von Nutztieren mit Raps geführt hatte war das Alkaloid Sinapin. Sinapine waren in der Vergangenheit verantwortlich für den fischigen Geschmack in Eiern braunschalig legender Hühner. Sinapin wird von Darmbakterien zu Trimethylamin (TMA) abgebaut (MARCH und MACMILLIAN, 1979; 1980). Braunschalig legende Hühner (sogenannte Tainter) besitzen einen Gendefekt, welcher zu der Abwesenheit der Trimethylaminoxidase führt und somit zur einer Anreicherung von Trimethylamin im Eidotter (FENWICK et al., 1981; HONKATUKIA et al., 2005). GRIFFITHS et al. (1979) berichten, dass bereits bei Gehalten von 0,8 µg/g TMA im

Eidotter ein deutlich fischiger Geruch bemerkbar wird. RODEHUTSCORD und WEIß (2012) berichten allerdings, dass dieses Problem durch den Zuchtfortschritt hinsichtlich braunlegender Hennenherkünfte ohne TMA-Gendefekt obsolet ist.

Geringere Effekte sind bei der Verfütterung von Rapsprodukten an Wiederkäuer bekannt. So beschreiben LANZANI et al. (1974) in ihrer Arbeit einen verringerten strumigenen Effekt bei Wiederkäuern, da die Pansenmikroflora in der Lage ist, Oxazolidinthione zu Isomeren umzuwandeln, welche keine strumigenen Eigenschaften mehr besitzen. Dies gilt nach MANDIKI et al. (2002) nicht für Wiederkäuer im Säuglingsalter. Von einer höheren Toleranz des Wiederkäuers verglichen mit dem Monogastrier gegenüber Glucosinolaten berichten auch TRIPATHI und MISHRA (2007), allerdings gibt es auch hier Beweise für strumigene Effekte des Rapses. Grundsätzlich reagieren Jungtiere empfindlicher auf Glucosinolate als Erwachsene (MANDIKI et al., 2002; TRIPATHI und MISHRA, 2007).

In den letzten Jahrzehnten konnten die Nachteile, welche sich für den Einsatz in der Nutztierfütterung ergaben, durch den züchterischen Fortschritt des Rapses, stark verringert werden. Die heutigen Rapssorten sind nicht nur nahezu frei von Erucasäure, sondern enthalten auch sehr geringe Gehalte an Glucosinolaten (= 00-Rapssorten). So konnten durch das Monitoring-Programm der UFOP (Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen) für das Jahr 2012, für den praxisüblichen, in Deutschland verwendeten RES aus 00-Rapssorten durchschnittliche Glucosinolatgehalte von nur noch 7,8 µMol/g analysiert werden (WEBER und SCHULZE, 2013).

2.1.2 Gründe für die Bemühungen des Ersatzes von SES durch RES

Wie der Verbrauch an Ölschroten in Deutschland für das Wirtschaftsjahr 2009/2010 in Abbildung 2 zeigt, kann die Proteinlücke in der Nutztierfütterung derzeit hauptsächlich aus den Ölschroten importierter Sojabohnen gewährleistet werden.

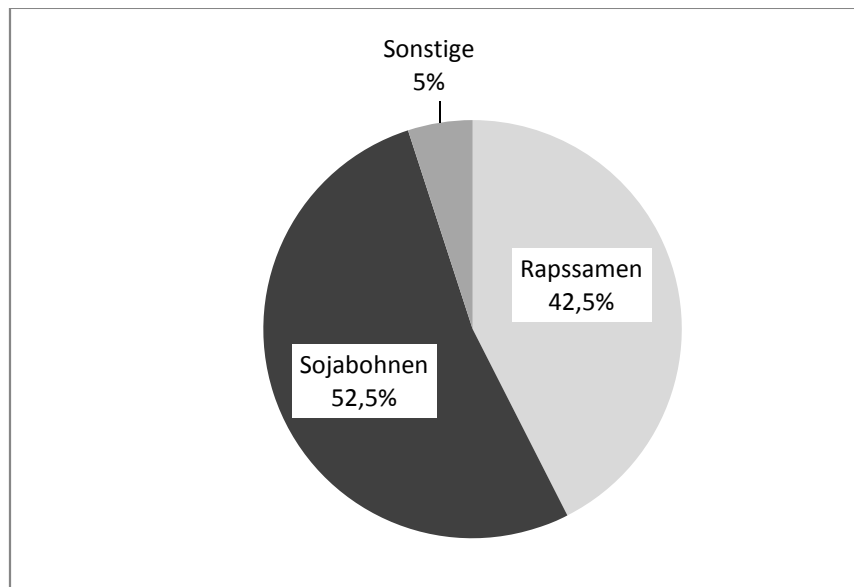


Abbildung 2: Verbrauch an Ölkuchen und Ölschroten aus Ölsaaten der Jahre 2009/2010 in Deutschland nach DVT (2012)

Die bedeutendsten Hauptanbauländer und Exporteure von Sojabohnen und deren Produkten (Sojaschrot/-kuchen, Sojaöl) sind die USA, Brasilien und Argentinien mit ca. 81 % der Gesamtsojabohnenernte für das Jahr 2010 (FAOSTAT, 2012; STOPP et al., 2012). Zwei Drittel der deutschen Sojabohnen- und Sojaschrotimporte stammen aus Brasilien, der Rest wird vor allem als SES aus Argentinien und in Form von Sojabohnen aus den USA importiert (FAOSTAT, 2012; STOPP et al., 2012). Vor allem die steigende Nachfrage der letzten 50 Jahre ließ das Handelsvolumen (Abb. 3) stark und rasch ansteigen.

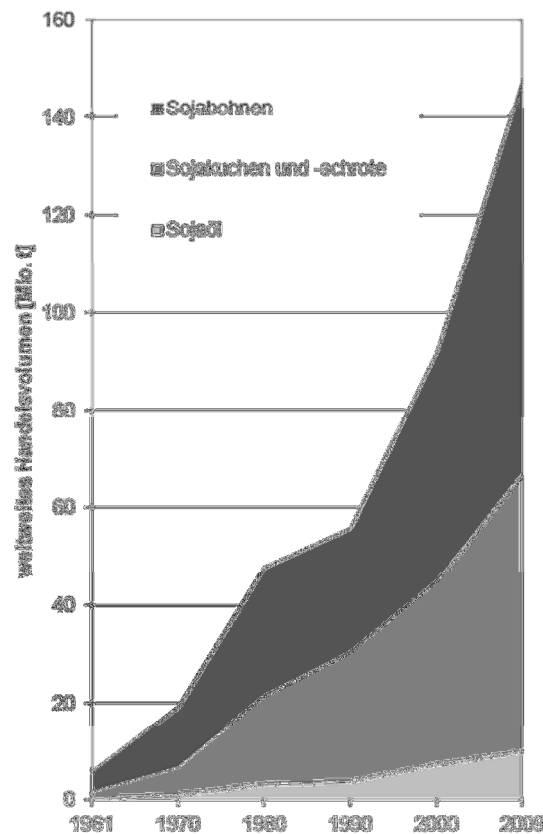


Abbildung 3: Anstieg des weltweiten Handelsvolumens von Sojabohnen und deren Verarbeitungsprodukten (aus STOPP et al. (2012) nach FAOSTAT (2012))

Um der gestiegenen Nachfrage nachkommen zu können, werden in den Haupterzeugerländern immer mehr Ackerflächen zum Anbau von Sojabohnen benötigt. Die Folgen dieses Ausbaus sind Regenwaldrodung und Grünlandumbruch, begleitet von einer Zerstörung vorhandener Ökosysteme (PENGUE, 2004; 2005). So waren im Jahre 2009 mehr als 35,5 % der Ackerflächen in Brasilien Sojaflächen. In Argentinien waren es mehr als 54 % (STOPP et al., 2012 nach FAOSTAT, 2012). Weiter begünstigen eine Sojamonokultur sowie die erhebliche Ausfuhr an Nährstoffen (v.a. Stickstoff und Phosphor) durch den Sojaexport eine schlechte Bodenfruchtbarkeit der Exportländer und führen zu einem vermehrten Einsatz von mineralischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln (PENGUE, 2004; 2005). Letzterer wird durch die gentechnische Veränderung der Sojapflanze begünstigt, da durch die im Genom festgelegte Herbizidresistenz bereits frühe Vegetationsstadien kostengünstige Herbizidbehandlungen (Glyphosat, Breitbandherbizide) zulassen. Weiter herrscht Seitens der Importländer eine große Abhängigkeit von der Weltmarktsituation sowie den Preisen für Soja.

Diese Beweggründe, sowie die hohe Verfügbarkeit wertvoller heimischer Eiweißquellen, durch die derzeitige EU-Biokraftstoffpolitik, sind mit für den Anstieg des Verbrauches an heimischen Ölfrüchten wie dem Raps und den daraus entstehenden Produkten verantwortlich. So zeigt Abbildung 4 den ansteigenden Verbrauch von Rapssaat der Mischfutterhersteller in den Wirtschaftsjahren 2005-2011.

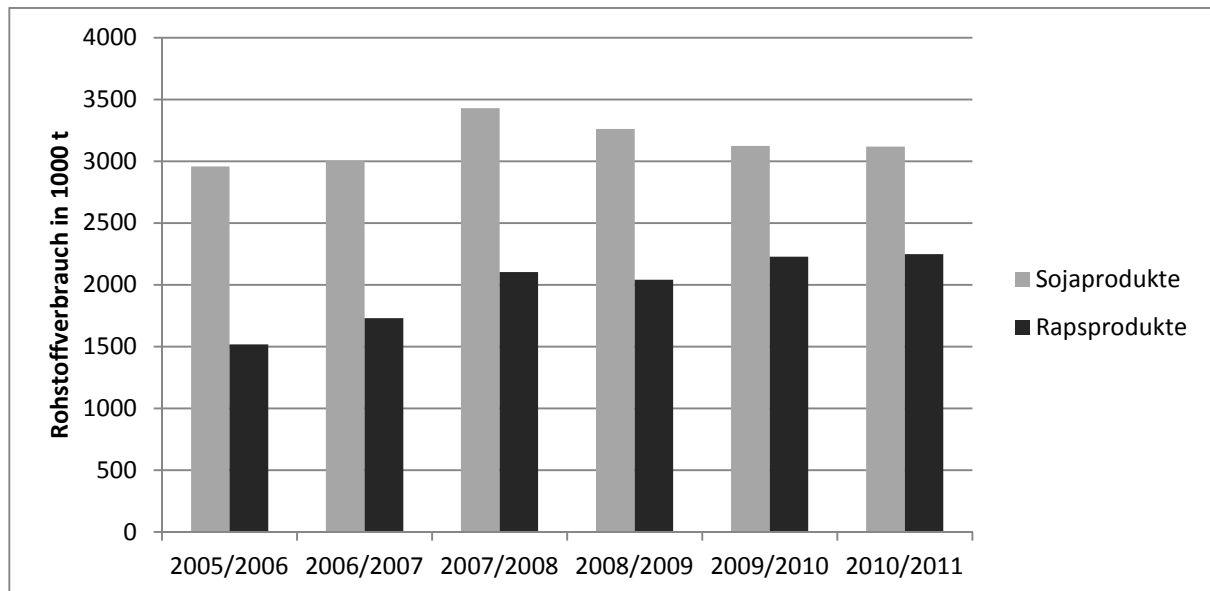


Abbildung 4: Rohstoffverbrauch an Schrotten, Expellern und Kuchen aus Sojabohnen und Rapssaat der deutschen Mischfutterhersteller nach DVT (2012)

2.1.3 Nutritive Eigenschaften von RES im Vergleich zu SES für die Geflügelfütterung

RES ist ähnlich wie SES ein Nebenprodukt aus der Ölgewinnung, welches bei der Gewinnung von Rapsöl nach der Extraktion anfällt. Beide Futtermittel unterliegen vergleichbaren Herstellungsprozessen. Sowohl Rapssamen als auch Sojabohnen werden nach Zerkleinerung in Ölmühlen mit Hilfe von Extraktionsstoffen, wie z.B. Hexan, vom Öl befreit. Die Lösungsmittel werden durch Wasserdampf wieder aus den Schroten entfernt. Im Gegensatz zu den Endprodukten Soja- oder Rapskuchen, welche auch in der Fütterung ökologisch gehaltener Nutztiere verwendet werden dürfen, ist die Verfütterung von RES sowie SES, wegen des Herstellungsverfahrens auf die konventionelle Tierernährung beschränkt. Mittlerweile ist RES nach SES das bedeutendste Eiweißfuttermittel in Deutschland. Dies liegt unter anderem in seinem relativ hohen Eiweißgehalt als auch einer guten Aminosäureausstattung begründet. Die wichtigsten Inhaltsstoffe, des in Deutschland verwendeten RES aus 00-Rapssorten im Vergleich zu SES aus ungeschälter Saat (Normtyp), sind in Abbildung 5 dargestellt. Hierbei besitzt SES im Gegensatz zu RES einen höheren Rohproteingehalt, weist allerdings geringere Restfett- sowie Rohfasergehalte auf. Die Trockenmassegehalte liegen für RES, aus 00-Rapssorten, bei 88,7 % (WEBER und SCHULZE, 2013) und für SES (Normtyp) bei 88,0 % (DUSEL und WEIß, 2011).

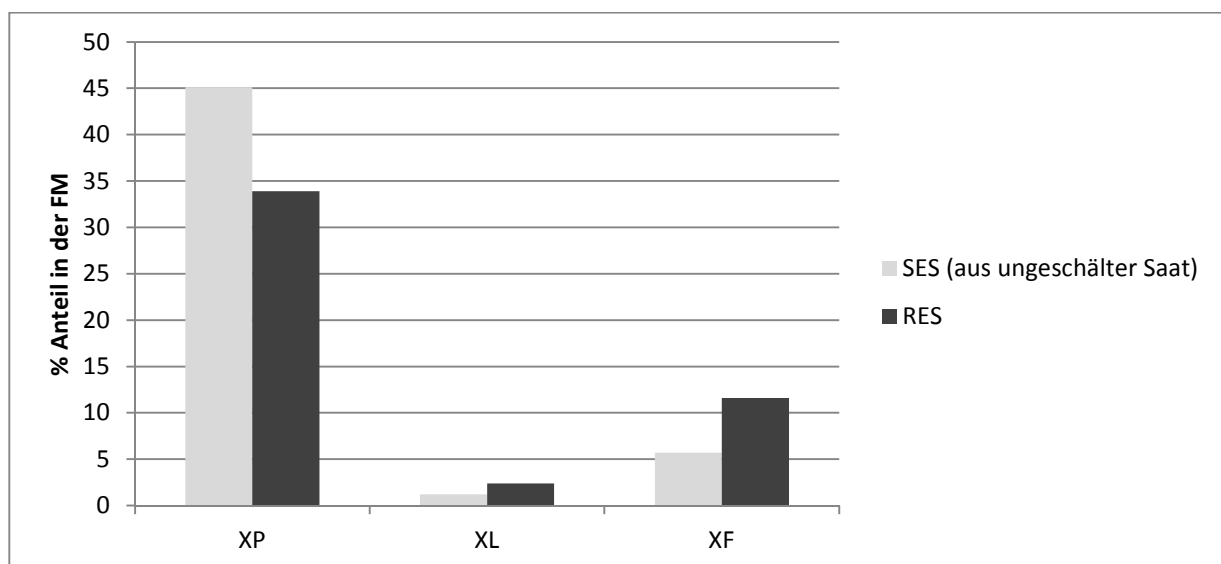


Abbildung 5: Vergleich der wichtigsten Inhaltsstoffe von RES und SES nach DUSEL und WEIß (2011) und WEBER und SCHULZE (2013)

Der energetische Futterwert von RES ist aufgrund des hohen Schalen- bzw. Rohfaseranteils und einer verringerten Verdaulichkeit der organischen Substanz geringer als der von SES (WEIß und SCHÖNE, 2004). So beträgt der Energiehalt von SES aus geschälter Saat

10,39 MJ AME_N, aus ungeschälter Saat 9,89 MJ AME_N (DUSEL und WEIß, 2011). RES hingegen besitzt einen Energiegehalt von 7,3 MJ AME_N (WEBER und SCHULZE, 2013). Die Kohlenhydratzusammensetzung, insbesondere der Gehalt an Oligosacchariden weist große Unterschiede für die beiden Futtermittel SES und RES auf. So beträgt der Oligosaccharidgehalt des SES insgesamt 29,2 g/kg TM, dies sind 45,2 % mehr als im RES (16,0 g/kg TM)¹ (JEROCH und DÄNICKE, 2012). Der größte Unterschied im Oligosaccharidgehalt von SES im Vergleich zum RES liegt im Anteil der Stachyose begründet, welcher für SES 23,0 g/kg TM und für RES 12,0 g/kg TM ausmacht (JEROCH und DÄNICKE, 2012).

Verglichen mit anderen Proteinträgern in der Nutztierfütterung wie z.B. Ackerbohnen (26,0 % XP), Erbsen (20,7 % XP) und Lupinen sind SES und RES diesen im Eiweißgehalt jedoch weit überlegen. SES aus geschälter Saat, sogenannter HP- (High Protein) SES, enthält sogar bis zu 49,1 % Rohprotein (DUSEL und WEIß, 2011).

Für die Geflügelfütterung ist jedoch nicht nur der Gehalt, sondern die Zusammensetzung des Rohproteins, insbesondere der Anteil an essentiellen Aminosäuren (AS), von großer Bedeutung. Im Hinblick auf die schwefelhaltigen AS, wie Methionin und Cystin ist RES dem SES überlegen (Abb. 6). Hingegen ist SES reicher an Lysin, Threonin und Tryptophan.

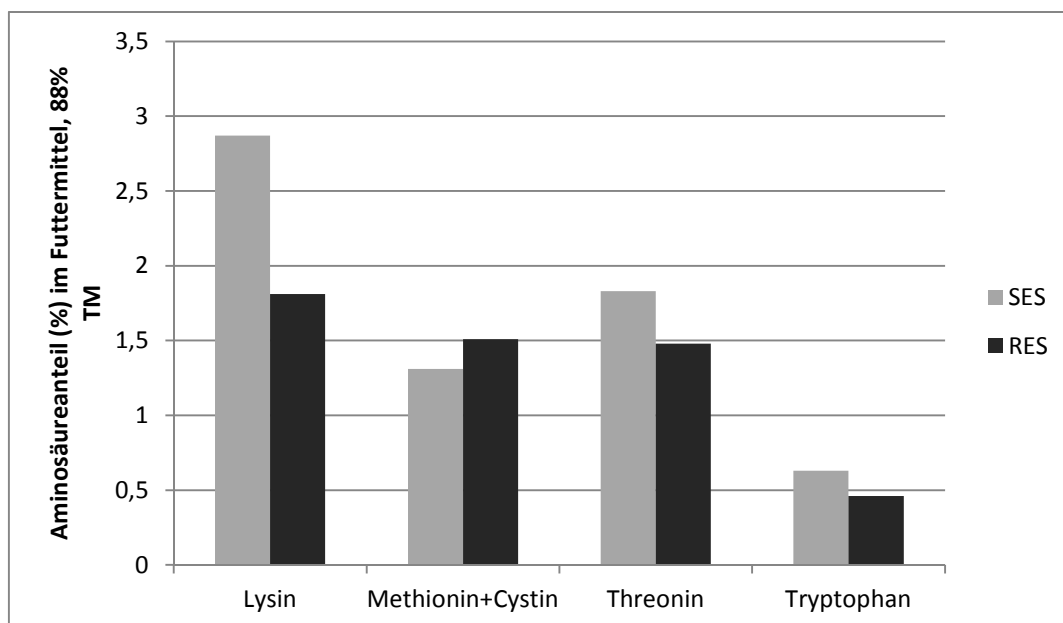


Abbildung 6: Vergleich der essentiellen Aminosäuregehalte von RES und SES nach EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010)

¹ Ohne Verbascose

Doch auch die nachrangig essentiellen AS wie Arginin, Isoleucin, Leucin, Valin, Histidin und Phenylalanin sind in der Geflügelfütterung von großer Bedeutung (SIMON und ZENTEK, 2013). Hierbei ist der SES dem RES in allen sechs Aminosäuren deutlich überlegen (Abb. 7).

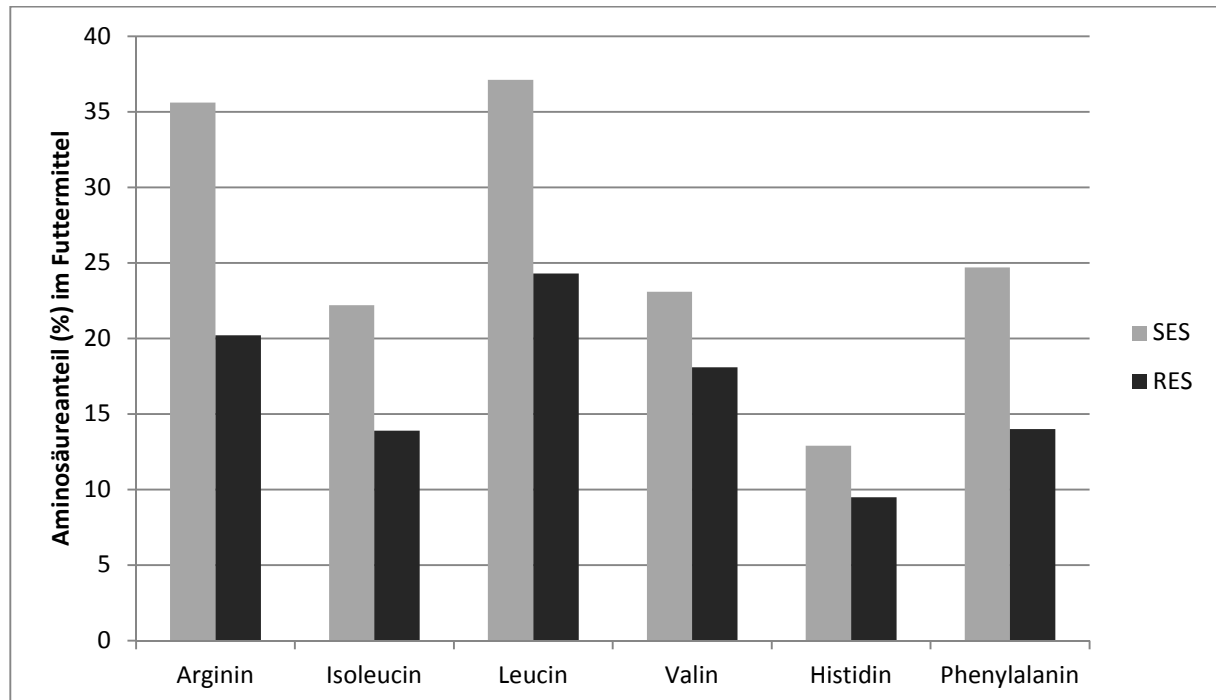


Abbildung 7: Vergleich der nachrangig essentiellen Aminosäuren im SES und RES nach EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010)

Beim Vergleich der ilealen Verdaulichkeit der essentiellen AS für das Geflügel fällt die Überlegenheit des SES gegenüber dem RES auf (Abb. 8). Die hierbei verwendeten Verdaulichkeitsquotienten für die Aminosäuren des SES basieren auf Werten eines dampferhitzten (getoasteten) SES. Denn dieser enthält ähnlich dem RES antinutritive Stoffe. Die Trypsininhibitoren des SES behindern die Verdauung von Proteinen im Dünndarm, indem sie das für die Eiweißverdauung benötigte Enzym Trypsin hemmen und somit den Futterwert des SES senken. Aus diesem Grund müssen diese durch ein Dampferheizungsverfahren (Toasten) inaktiviert werden.

Hinsichtlich der Mineralstoffe weist RES im Gegensatz zu SES höhere Calcium-, Phosphor- und Natrium-, aber geringere Kaliumgehalte auf (Abb. 9). Da jedoch bis zu 70% des Gesamtphosphors in pflanzlichen Futtermitteln in gebundener Form als Phytinphosphor vorliegen (SIMON und ZENTEK, 2013), ist eine zusätzliche Supplementierung des Enzyms Phytase sinnvoll, welche die Verwertbarkeit des gebundenen Phosphors für das Geflügel bis zu 30% steigern kann (SIMON und ZENTEK, 2013). Der Einsatz von Phytasen hat die

Einsparung von freiem Phosphor im Mineralfutter, sowie eine verringerte Phosphorbelastung der Umwelt zur Folge (SIMON und ZENTEK, 2013).

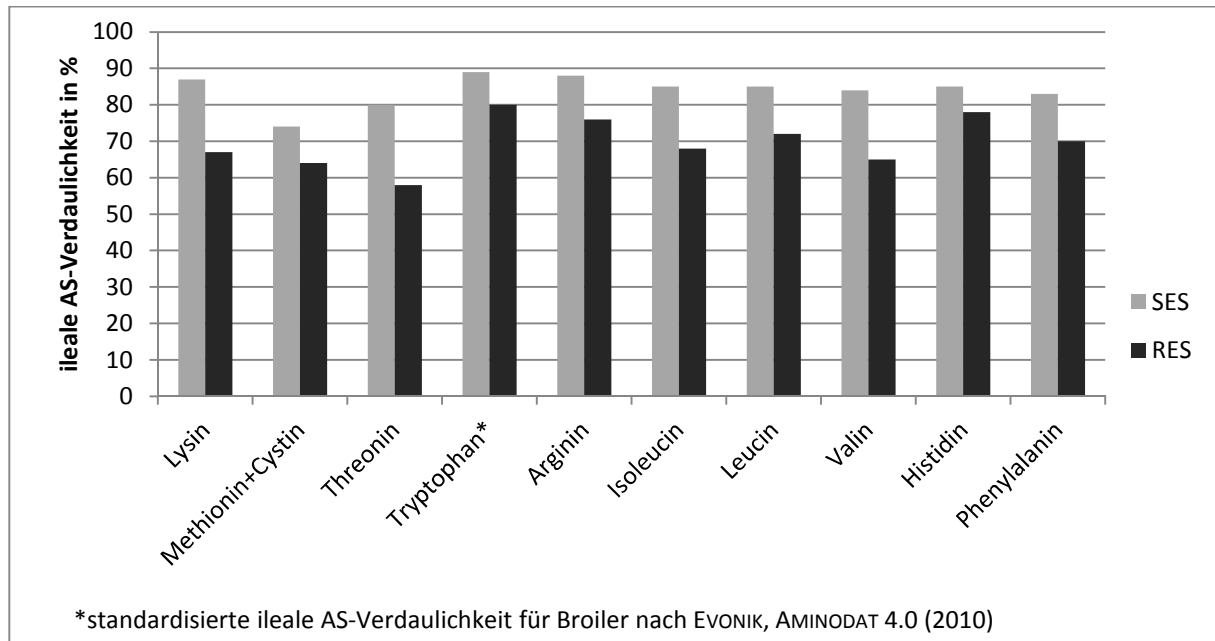


Abbildung 8: Vergleich der standardisierten, ilealen Aminosäureverdaulichkeiten von Mastputen für die essentiellen Aminosäuren im SES und RES nach KOZLOWSKI et al. (2011) und EVONIK, AMINODAT 4.0 (2010)

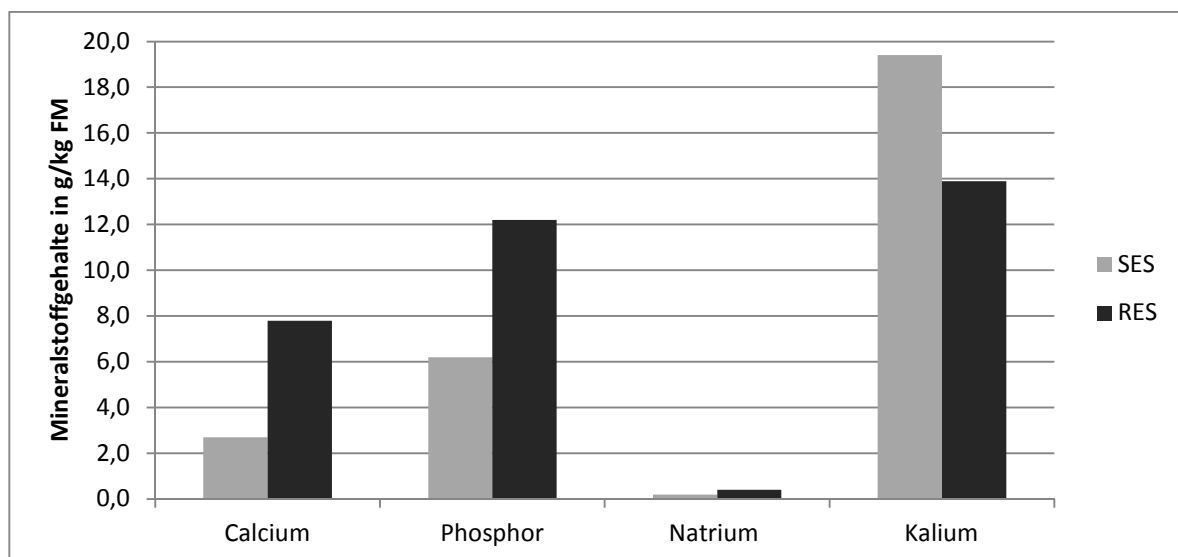


Abbildung 9: Vergleich der wichtigsten Mineralstoffgehalte im SES und RES nach LFL (2012)

2.1.4 Bisherige Ergebnisse zum Einsatz von RES beim Mastgeflügel

2.1.4.1 RES in der Fütterung von Broilern

Wie die Literaturübersichten in den Tabellen 1 und 2 zeigen, sind die Bemühungen, SES durch RES in der Mastgeflügelfütterung zu ersetzen, sehr hoch. Jedoch zeigen diese Studien häufig widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich des Einsatzes von RES in der Broiler- wie auch in der Putenmast.

Gut ersichtlich ist in Tabelle 1 der züchterische Fortschritt des Rapses hinsichtlich geringerer Glucosinolatgehalte. Während die Glucosinolatgehalte, wie in der Arbeit von ROTH-MAIER und KIRCHGESSNER (1987) noch 43 $\mu\text{Mol/g}$ betrugen sind im RES späterer Versuche von HALLE (2012) nur noch geringe Mengen an Glucosinolaten enthalten. Dies ist unter anderem ein Grund für die schlechte Vergleichbarkeit verschiedener Studien zum Einsatz von RES. Ein weiterer ist die geographische Herkunft des Rapses, welche sich erheblich auf dessen Zusammensetzung auswirkt.

PEARSON et al. (1983) ersetzten SES im Alleinfutter von Broilern mit 50 % RES, welcher einen hohen Glucosinolatgehalt von 33 $\mu\text{Mol/g}$ aufwies (Tab. 1). Ähnlich den anderen Arbeiten (LEESON et al., 1987; ROTH-MAIER und KIRCHGESSNER, 1987; WÜRZNER et al., 1989; ZEB et al., 1999) fand außer im Fütterungsversuch von HALLE (2012) keine allmähliche Steigerung des RES-Levels und somit keine Gewöhnung an die verfütterten Mengen RES statt.

KÖLLN et al. (2014) verwendeten in ihren Fütterungsversuchen (Dauer = 36 Tage) mit sieben-Tage- alten Broilerküken ein spezielles RES-Produkt. Der sogenannte WISAN[®]-Raps dient in der Milchviehfütterung der Versorgung mit pansengeschütztem Protein (VEREDLUNGSPRODUKTION, 2005). Durch das spezielle Hitzebehandlungsverfahren wird die Quartärstruktur der Proteine verändert, sowie die Gehalte an antinutritiven Substanzen im RES verringert (VEREDLUNGSPRODUKTION, 2005).

Die Broiler im Versuch von PEARSON et al. (1983) wurden im Vorfeld bereits für einen Fütterungsversuch mit RES eingesetzt und waren dementsprechend keine Eintagsküken mehr. In allen anderen Arbeiten aus Tabelle 1, außer in der Studie von KÖLLN et al. (2014) (Alter der Küken = eine Woche) wurden Eintagsküken für die Fütterungsversuche herangezogen.

In allen Studien wurde die Mastleistung (d.h. Gewichtszunahmen, Mastendgewicht) sowie die Futteraufnahme und Futterverwertung der Tiere erfasst. PEARSON et al. (1983) entnahmen den

Tieren zusätzlich Blut- sowie Leberproben. Die Schilddrüsen der Tiere wurden makroskopisch beurteilt. Die Untersuchung der Blutproben beinhaltete eine Analyse von Gesamteiweiß, Albumin, Urat, Glucose, Triglyceriden, Cholesterin, Phospholipiden, Alpha-Amino-Nitrogen, Aspartat-Transaminase, Laktat-Dehydrogenase und alkalischer Phosphatase. Die Trockenmasse sowie DNA, Triglyceride und lösliches Protein der Lebern wurden ermittelt. LEESON et al. (1987) untersuchten mithilfe von Chromoxid die Verdaulichkeit der Alleinfuttermischungen mit RES. In der Arbeit von ROTH-MAIER und KIRCHGESSNER (1987) wurden die Aktivitäten der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) und der alkalischen Phosphatase im Blutplasma bestimmt. Zusätzlich wurde die alkalische Phosphatase auch in der Leber ermittelt und die Schilddrüsen der Tiere wurden entnommen. Ähnlich der Arbeit von WÜRZNER et al. (1989) fand eine sensorische Beurteilung des Fleisches statt. HALLE (2012) führte parallel zum Fütterungsversuch mit RES einen N-Bilanzversuch durch. Die Gehalte an Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) im Blut der Broiler bestimmten TARAZ et al. (2006). Weiter ermittelten sie die Gewichte der Lebern, Gallenblasen, Herzen, Milze, Mägen und des abdominalen Fettes.

Zu den häufigsten Symptomen in der Fütterung von RES an Broiler zählen ein Rückgang der Gewichtszunahme und dementsprechend auch geringere Mastendgewichte, bedingt durch eine schlechtere Futteraufnahme sowie Futterverwertung. Außer der Arbeit von LEESON et al. (1987) sowie KÖLLN et al. (2014) beweisen dies auch entsprechend alle Arbeiten, die in Tabelle 1 aufgeführt sind. LEESON et al. (1987) fanden keine Auswirkungen auf die Futteraufnahme, Gewichtsentwicklung, Futterverwertung oder die Verfügbarkeit der Nähr- und Mineralstoffe (Fett, Protein, Calcium, Phosphor, Magnesium) sowie Energienutzung. Die Broiler dieses Versuches tolerierten den kompletten Ersatz des SES durch RES ohne negative Effekte auf die Leistung oder Gesundheit zu zeigen. Der Anteil, ab welchem Symptome zu erwarten sind, schwankt in den meisten Arbeiten zwischen 10-15 %, scheinbar ungeachtet der Glucosinolatgehalte. Dies gilt nicht für die Arbeit von PEARSON et al. (1983), welche Symptome erst ab einem Anteil von 50 % RES beobachten. Dies könnte allerdings daran liegen, dass es in diesem Versuch keine weitere Zwischenstufe gab, ab welcher Symptome hätten beobachtet werden können.

Studien oder Literaturarbeiten, in welchen weitergehende Untersuchungen getätigt wurden, berichten häufig von Hyperplasien oder Hypertrophien der Schilddrüse und den damit verbundenen höheren Gewichten dieses Organs (MAWSON et al., 1993; PEARSON et al., 1983). Dies war auch in der Arbeit von ROTH-MAIER und KIRCHGESSNER (1987) der Fall, welche

bereits ab einem Anteil von 10 % RES im Alleinfutter einen signifikanten Anstieg der Schilddrüsenproportionen zum Körpergewicht entdecken konnten und ab einem RES Anteil von 25-30 % eine Vergrößerung der Schilddrüse um 60 %. Erst ab einem Gehalt von 15 % sanken dann die Gewichte der Tiere signifikant im Vergleich zu dem der Tiere der Kontrollgruppe. TARAZ et al. (2006) zeigten mit ihrer Studie, dass selbst der 100 %ige Ersatz von SES mit RES keinen Effekt auf die T4-Werte der Fütterungsgruppen hatte. Wohl kam es aber zu einem signifikanten Abfall der T3-Konzentration im Blut der Tiere mit erhöhten Anteilen an RES. Das T3:T4 Verhältnis war bei Broilern in deren Futter SES zu 100 % durch RES ersetzt wurde dementsprechend am höchsten. TARAZ et al. (2006) erklären den unveränderten Gehalt an T4 mit einem Gleichgewicht, welches sich bei langandauernder Anwendung von RES (ab 3-4 Wochen) durch das Wachstum der Schilddrüse und eine dementsprechend genügende Produktion an T4 einstellt.

Obwohl nach der Literaturarbeit von MAWSON et al. (1994) insbesondere Legehennen von Leberhämorrhagien und Fettlebern nach Fütterung von RES betroffen sind (PEARSON et al., 1978), konnte auch bei Broilern ein Anstieg des Lebergewichtes verbunden mit einer Lebervergrößerung nach Fütterung von RES mit einem hohen Glucosinolatgehalt festgestellt werden (PEARSON et al., 1983). So fanden PEARSON et al. (1983) eine signifikante Erhöhung der Lebergewichte aufgrund einer Leberhyperplasie bei Broilern, welchen RES gefüttert wurde. Obwohl makroskopisch in diesem Versuch keine pathologischen Leberveränderungen festgestellt werden konnten, wurde ein Anstieg der Aktivitäten der Enzyme Aspartat-Transaminase, Laktat-Dehydrogenase, und Alkalische Phosphatase im Plasma vermerkt. Dies ließ die Autoren dennoch auf einen Leberschaden schließen. DNA-Analysen bewiesen, dass es sich in diesem Versuch um eine Hyperplasie der Leber und keine Hypertrophie handelte. Die Lebervergrößerungen bedingt durch Hypothyreoidismus sind meist mit einer Hypertrophie der Leber verbunden (PEARSON et al., 1983) und in Verbindung mit der Fütterung von RES bekannt. Eine Leberhyperplasie hingegen hat ihren Ursprung meist in leberschädigenden Substanzen oder Toxinen. Die mitogene Wirkung auf die Leber-DNA hatte in diesem Falle das 5-Vinyl-Oxazolidine-2-thion (Goitrin) (PEARSON et al., 1983).

Die Ergebnisse des Versuches von KÖLLN et al. (2014) zeigen eine verbesserte Futteraufnahme, Futterverwertung sowie Mastleistung der Tiere mit den höchsten Anteilen an RES. Zudem wiesen die Broiler mit 20 % RES im Alleinfutter die beste Fußballengesundheit auf. KÖLLN et al. (2014) erklären dies mit den hohen Oligosaccharidgehalten des SES und dem damit erhöhten Feuchtegehalt der Einstreu.

Tabelle 1: Tabellarische Übersicht zu Studien über den Einsatz von RES in der Broilermast

Autor	GSL-Gehalt im RES	max. Gehalt RES im Alleinfutter	Versuchs- dauer	RES-Gehalt ab dem Symptome auftraten	Steigerung des Anteiles RES im Alleinfutter ja/nein	Leistungsparameter	Gesundheits- Symptome	Sonstiges
	($\mu\text{Mol/g}$)	(%)	(d)	(%)				
PEARSON et al. (1983)	33	50 ¹⁾	56	50	nein	↓Wachstum	SD-Hypertrophie Leberhyperplasie	-
LEESON et al. (1987)	- ²⁾	38	21	-	nein	-	-	-
ROTH-MAIER und KIRCHGEBNER (1987)	43,0	30	35	10-15	nein	↓Gewichtszunahmen ↓Futterraufnahme	↑SD-Gewichte	-
WÜRZNER et al. (1989)	21	30	42	12	nein	↓Gewichtszunahme ↓Futterraufnahme ↓Futterverwertung ³⁾	-	-
ZEB et al. (1999)	60,85	25	35	15	nein	↓Gewichtszunahmen	-	-
TARAZ et al. (2006)	79,0	23,16-28,65	49	-	nein	↓Gewichtszunahme ↓Futterverwertung ³⁾	-	-
HALLE (2012)	4,3-5,41	15	35	10	ja	↓Futterraufnahme ↓Gewichtszunahmen ↓Futterverwertung ³⁾	-	-
KÖLLN et al. (2014)	- ⁴⁾	20	36	-	nein	↑Mastendgewichte ↑Futterraufnahme ↑Futterverwertung ³⁾	-	Bessere Fußballengesundheit

¹⁾ Keine Zwischenstufen

²⁾ Canola-Qualität (max. GSL-Gehalt $\leq 30\mu\text{Mol/g}$)

³⁾ ↓ Futterverwertung = verschlechterte Futterverwertung/↑Futterverwertung = verbesserte Futterverwertung

⁴⁾ WISAN[®] Raps

2.1.4.2. RES in der Fütterung von Mastputen

Aufgrund der längeren Lebensdauer von Mastputen, ist mit einer längeren Belastung durch schädigende antinutritive Faktoren des RES zu rechnen. Auch TRIPATHI und MISHRA (2007) sowie PALANDER et al. (2004) sind der Ansicht, dass die Gefährdung langlebigerer Tiere wie beispielsweise Legehennen und Mastputen durch die längere Exposition gegenüber hohen Gehalten an RES und folglich auch der ANF größer ist. Im Vergleich zu Versuchen mit RES in der Legehennenfütterung oder Broilermast, sind nur wenige Studien zum Einsatz von RES in der Putenmast zu finden. Auch hier ist die Vergleichbarkeit der Studien aufgrund unterschiedlicher bzw. unbekannter Glucosinolatgehalte, sowie der Fütterung von unterschiedlich hohen Anteilen an RES in verschiedenen Mastabschnitten und Entwicklungsphasen schwierig.

So wurden in der Studie von SUMMERS et al. (1967) Rationen mit geringen (1.-112. Tag: 10 % 113-140 Tag: 7,5 %, 141-Schlachtung: 4,25 %), mittleren (1.-112. Tag: 20 % 113-140 Tag: 15 %, 141-Schlachtung: 8,5 %), und hohen Anteilen (1.-112. Tag: 30 % 113-140 Tag: 22,5 %, 141-Schlachtung: 12,75 %) RES an männliche wie weibliche Mastputen des Genotyps Williams Whites vom ersten Lebtag an verfüttert. Der Anteil an RES wurde mit steigendem Alter aufgrund des sinkenden Proteinbedarfs der Puten abgesenkt. Die Rationen wurden entweder als Mehl oder in pelletierter Form verabreicht. Der Glucosinolatgehalt des RES ist unbekannt. Die Versuchsdauer betrug 152 Tage für die weiblichen und 159 Tage für die männlichen Tiere.

Die Versuchsdauer betrug in der Studie von SALMON (1970), welcher den Unterschied zu dem damals kommerziell verwendeten RES im Gegensatz zu dem glucosinolatarmen RES der Sorte Bronowski untersuchte, 138 Tage. Die Tiere wurden mit einem Alter von 6 Tagen eingestallt und mit 144 Tagen geschlachtet. Es handelte sich um große weiße Puten der Rasse Orlopp White. Neben SES wurde in diesem Versuch Fischmehl als Proteinträger verwendet. Da SALMON (1970) von einer schlechteren Verdaulichkeit der Futtermischungen durch den RES ausging, wurden zusätzlich freie Aminosäuren zugelegt. Die Zugabe an Aminosäuren richtete sich nach der Menge Protein, welche in den Alleinfuttermischungen enthalten war (6-27 Tage: 30 %, 27-55 Tage: 27,1 %, 55-83 Tage: 25,5 %, 83-111 Tage: 22,7 %, 111-139: 19,1 %) und betrug 6 % des Proteins für Lysin und 4 % des Proteins für Methionin und Cystin.

HULAN et al. (1980) ersetzten SES und Fischmehl durch Tower-RES (erucasäurefrei und glucosinolatarm) und/oder Candle-RES (erucasäure-, glucosinolat- und rohfaserarm). Für diesen Versuch wurden Eintagsküken des Genotyps Diamond White eingestallt. Ähnlich wie im Versuch von SALMON (1970) wurde die Mast bzw. Versuchsdauer auch hier in 5 Mastphasen eingeteilt. Anders als bei vergleichbaren Studien fand eine sukzessive Steigerung an RES im Alleinfutter statt. So enthielten die Futtermischungen der 1. Mastphase (1.-21. Tag) 10 % RES, der 2. Mastphase (22.-42. Tag) 20 % RES und ab der 3. Mastphase bis zur 5. Mastphase (43.-97. Tag) 30 % RES. Diese Steigerung im Gehalt des RES entspricht der Idee von JEROCH et al. (2001), welche in ihrer Arbeit, über den Einsatz von Raps (RES, Rapskuchen) in der Fütterung von Legehennen und Broilern, eine höhere Empfindlichkeit von jungen Broilern gegenüber Rapsprodukten feststellten. Nach HULAN et al. (1980) nimmt die Fähigkeit, Rohfaser zu verdauen, mit steigendem Alter der Puten zu.

Zur Klärung der Frage ob es einer weiteren Proteinquelle bedarf um RES erfolgreich gegen SES zu ersetzen wurden im Versuch von SALMON (1982) Putenstarter Diäten mit 0 %, 15 %, 30 % und 45 % RES (Canola meal) mit entweder 0 %, 6 % oder 12 % Fischmehl verschnitten.

PALANDER et al. (2004) untersuchten die Verdaulichkeit von RES im Vergleich zu SES an wachsenden B.U.T.8 Puten. Die Verdaulichkeit wurde in einem Alter von 28, 56, 84 Tagen, mit Hilfe eines Verdaulichkeitsexperiments analysiert. Die Tiere wurden in einem Alter von 14 Tagen eingestallt. Leber, Herz und Schilddrüsen wurden bei 70 Tage alten Puten entnommen, gewogen und analysiert.

In der Arbeit von MIKULSKI et al. (2012) wurden Anteile von 0 %, 6 %, 12 % und 18 % RES im Alleinfutter an männliche B.U.T.6 Mastputen verfüttert. Die Glucosinolatgehalte waren mit 4,43 $\mu\text{Mol/g}$ im Vergleich zu deutschen RES-Qualitäten gering. Die Puten wurden als Eintagsküken eingestallt. Die Mastdauer betrug 147 Tage und wurde in 5 Mastphasen eingeteilt (Phase 1: 1-28 d, Phase 2: 29-56 d, Phase 3: 57-84 d, Phase 4: 85-112 d, Phase 5: 113-147 d). Neben der Mastleistung wurde der Schilddrüsenhormonstatus der Puten analysiert. Auch die Fleischqualität wurde anhand der Parameter Fleischfarbe, Tropfverlust, pH Wert, Gewichtsverlust während des Kochvorgangs und der Scherkraft am Musculus pectoralis major ermittelt. Weiter fand eine Analyse der chemischen Zusammensetzung, des Fettsäureprofils und der Fettoxidation statt.

Die Toleranz von Mastputen gegenüber hohen Gehalten an RES scheint in den genannten Versuchen von 10 % bis 15 % RES im Alleinfutter zu variieren. Hierbei muss allerdings

erwähnt werden, dass in allen Studien, außer bei MIKULSKI et al. (2012), keine Angabe über die Glucosinolatgehalte des RES gemacht wurde.

So zeigen die Puten der Studie von SUMMERS et al. (1967) bereits ab einem Alter von 56 Tagen bei erhöhten RES-Gehalten einen Gewichtsabfall sowie eine verschlechterte Futtermittelverwertung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dieser Unterschied zu den Tieren der Kontrollgruppe blieb bis zum Mastende erhalten.

Dagegen konnten SALMON (1970) und HULAN et al. (1980) selbst bei Gehalten von 20 % und 30 % glucosinolatarmen RES-Sorten keine negativen Effekte auf das Wachstum und die Gesundheit der Tiere feststellen. HULAN et al. (1980) berichten sogar von besseren Mastleistungen und einer geringeren Verlustrate der Fütterungsgruppen, welchen RES gefüttert wurde im Vergleich zu den Kontrollgruppen. Sowohl in der Arbeit von HULAN et al. (1980) als auch von SALMON (1970) wurde Fischmehl als zusätzliche Proteinquelle eingesetzt. Die Kompensation marginaler, essentieller Aminosäuren durch das Fischmehlprotein könnte der Grund für das Ausbleiben einer Symptomatik auf hohe RES-Gehalte dieser Versuche sein. Wie SALMON (1982) bereits feststellte sank die Futtermittelverwertung mit steigenden Gehalten an RES, stieg aber mit der Gabe von Fischmehl gleichzeitig wieder an, sodass ab Gehalten von 6 % Fischmehl im Alleinfutter auch die Gewichte der Puten, ungeachtet der Gehalte an RES, anstiegen.

PALANDER et al. (2004) berichten von einer Zunahme der Herzgewichte bei Tieren, welche Diäten mit RES erhielten. Auch die Schilddrüsenorgane waren um das 1,46-fache für Puten mit RES-Anteil im Alleinfutter erhöht. Die Lebern wiesen keine Veränderung der Größe auf. In der Studie von MIKULSKI et al. (2012) verbesserte sich mit steigenden Gehalten an RES im Alleinfutter die Futtermittelverwertung der Puten. Es konnte kein gerichteter Effekt des RES auf die Gewichtsentwicklung der Tiere festgestellt werden. Ungeachtet des RES-Anteils im Alleinfutter wurde ein Abfall der fT3-Werte im Blut im Vergleich zur Kontrollgruppe beobachtet. Der Gehalt an gesättigten Fettsäuren nahm bei Puten, welchen Anteile von 12 % und 18 % RES gefüttert wurden ab. Die Fleischqualität wurde ab Gehalten von 12 % RES im Alleinfutter schlechter bewertet.

Tabelle 2: Tabellarische Übersicht zu Studien über den Einsatz von RES in der Putenmast

Autor	GSL-Gehalt im RES	max. Gehalt RES im Alleinfutter	Versuchsdauer	RES-Gehalt ab dem Symptome auftraten	Steigerung des Anteiles RES im Alleinfutter ja/nein	Leistungsparameter	Gesundheits- Symptome	Sonstiges
	(µMol/g)	(%)	(d)	(%)				
SUMMERS et al. (1967)	-	30	152 ¹⁾ /159 ²⁾	10	nein	↓Futtermittelverwertung ↓Gewichtszunahmen	-	-
SALMON (1970)	-	20	138	-	nein	- ³⁾	-	-
HULAN et al. (1980)	-	30	97	-	ja	↑Lebendgewichte ↑Futtermittelverwertung ↑Mastleistung	-	↓Tierverluste
SALMON (1982)	-	45	35	15	nein	↓Futtermittelverwertung	-	-
PALANDER et al. (2004)	-	15	70	15	nein	-	↑Herzgewichte ↑SD-Gewichte	↓Protein- verdaulichkeit
MIKULSKI et al. (2012)	4,43	18	147	12	nein	↑Futtermittelverwertung ↓Fleischqualität	↓ fT3 Gehalte	-

¹⁾ weibliche Puten²⁾ männliche Puten³⁾ keine Unterschiede zur Kontrollgruppe⁴⁾ ↓ Futtermittelverwertung = verschlechterte Futtermittelverwertung/↑Futtermittelverwertung = verbesserte Futtermittelverwertung

2.1.5 Der Putengenotyp B.U.T.6

2.1.5.1 Organisation und Vertriebsstruktur der Zuchtunternehmen

Die Genetik der derzeit weltweit vermarkteten Mastputen obliegt seit 2008 ausnahmslos den beiden Unternehmen Aviagen Turkeys und Hendrix Genetics (MEYER, 2009). Seit dem Zusammenschluss der beiden amerikanischen und englischen Zuchtunternehmen Nicholas Turkey Breeding Farms und British United Turkeys unter dem Gesellschafter Aviagen Turkeys im Jahre 2008 (MEYER, 2009), stellt nur noch die kanadische Zuchtfirma Hybrid unter Hendrix Genetics ein Konkurrenzunternehmen für Aviagen Turkeys dar. Im Gegensatz dazu waren im Jahre 1970 weltweit noch insgesamt 10 Putenzuchtunternehmen tätig (MEYER, 2009). Ein Grund hierfür ist die rasche und kostenintensive Entwicklung verschiedener Technologien in der Putenzucht (MEYER, 2009).

Aviagen Turkeys versorgt über zwei Firmensitze (Lewisburg (West Virginia, USA) und Chester (Großbritannien)) Vermehrungsbetriebe in Nord- Süd-Amerika, dem Mittleren Osten, Afrika, Australien, Asien und Europa mit Elterntieren in Form von Eintagsküken oder Bruteiern der Marken B.U.T. und Nicholas (AVIAGEN TURKEYS, 2011). Zu den in Deutschland von Aviagen Turkeys Ltd. belieferten Brütereien zählen die Gebrüder Böcker Putenbrüterei GmbH, Heidemark Mästerkreis GmbH & Co. KG, Mastputenbrüterei Ahlhorn GmbH & Co. KG und Moorgut Kartzfehn Von Kamke GmbH & Co. KG, welche Putenmastbetriebe in ganz Europa mit Eintagsküken der jeweiligen Marken beliefern.

2.1.5.2 Einsatz, Eigenschaften und Mastleistungen von B.U.T.6 Mastputen

Die Puten des Genotyps B.U.T.6 gehören zusammen mit den Genotypen B.U.T.7, Big 9, und B.U.T.10 zu den schnellwachsenden schweren Putenlinien des Unternehmens Aviagen Turkeys. Das Zuchtziel dieser Linien ist stark auf die vorherrschende Marktsituation des jeweiligen Landes angepasst. So findet in Deutschland, Polen, Italien und Israel hauptsächlich eine Teilstückzerlegung der Putenschlachtkörper statt, dementsprechend werden in diesen Ländern hauptsächlich schwere Verarbeitungsputen vermarktet (MEYER, 2009; AGRARMÄRKTE, 2012). Im Gegensatz zu Ländern wie Frankreich und England, welche vornehmlich zu den Ländern mit Ganzkörpervermarktung zählen und dementsprechend kleinere Schlachtkörper produzieren (MEYER, 2009; AGRARMÄRKTE, 2012). Das stark ausgeprägte Fleischansatzvermögen insbesondere des Brustmuskelfleisches von B.U.T.6 Mastputen (Tabelle 3) kommt also den deutschen Verbraucherwünschen von portionierten, verarbeitungsfertigen Produkten, wie sie in Form der wichtigen Teilstücke Brust oder Schenkel vorliegen, entgegen. Diese Vorlieben spiegeln sich entsprechend in dem hohen

Marktanteil von 95 % - 97 % von B.U.T.6 Mastputen wieder, welche seit 1982 den dominierenden Genotyp in der deutschen Putenfleischerzeugung ausmacht (DAMME und HILDEBRAND, 2002).

Auf dem Geflügelfleischsektor entfällt die Hälfte der Produktionskosten auf das Futter (AGRARMÄRKTE, 2012). Aus diesem Grund ist das Hähnchen wegen seines schnellen Wachstums, der besseren Futterverwertung sowie dem stabileren Gesundheitsstatus, der Pute stark überlegen (AGRARMÄRKTE, 2012). Dieser Konkurrenzsituation wird versucht, mit der Zucht besonders Ertrag bringender Putenlinien entgegenzuwirken. Puten der Linie B.U.T.6 erbringen hohe Mastleistungen bei einer sehr guten Futterverwertung und hohen Tageszunahmen (Tab. 3). In Deutschland werden B.U.T.6 Puten überwiegend in der Intensivmast eingesetzt. Männliche Puten werden hierbei in der Regel bis zu einem Alter von 18-21 Wochen und einem Endgewicht von 18,41 kg - 22,20 kg, weibliche Tiere bis zu 15-18 Wochen und einem Endgewicht von 10,08 kg - 12,48 kg gemästet (Tab. 3).

Tabelle 3: Leistungsziele in der B.U.T.6 Putenmast nach AVIAGEN TURKEYS (2012)

	Alter (Wochen)	Lebendgewicht (kg)	Kumulative Futterverwertung (kg/kg)	Ertrag in % des Lebendgewichts	
				Ausschlachtung	Brustfleisch
Hähne	20	20,99	2,47	76,9	27,5
Hennen	15	10,08	2,35	74,9	26,1

2.1.5.3 Zucht moderner Mastputenhybriden

Die Züchtung kommerzieller Mastputen erfolgt in nur wenigen Zuchtbetrieben. Entsprechend der Marktanforderungen (siehe oben) stehen im Zuchtunternehmen Aviagen mehr als 40 verschiedene Reinzuchtlinien zur Verfügung (DEFRA, 2010).

Die Zucht von B.U.T. 6 Puten basiert auf dem Prinzip des Kreuzungszuchtverfahrens (MEYER, 2012). Ausgehend von mindestens vier Reinzuchtlinien (A, B, C, D) werden aus den Kreuzungen der Linien A*B Elterntierhähne und aus der, gegebenenfalls reziproken, Anpaarung C*D Elterntierhennen erstellt. Die komplementären Liniendifferenzen bestehen in den ökonomisch bedeutsamen Selektionskriterien Wachstum, Futterverwertung und

Brustfleischertrag für die Hahnenlinien sowie Merkmale der Reproduktion wie Eizahl, Befruchtung und Schlupf für die Hennenlinien (MEYER, 2012). Merkmale der Gesundheit und Fitness sind Bestandteil jeder Linie und Selektionsstufe. Die Trennung in Hahnen- bzw. Hennenlinien ermöglicht die Konzentration auf relevante Merkmale und höheren Zuchtfortschritt innerhalb der Reinzuchtlinien sowie eine intensive Nutzung der paternalen beziehungsweise maternalen Heterosiseffekte in den Kreuzungsprodukten. Je nach Populationsumfang ist eine Vermehrungsstufe der Reinzuchtlinien (Great-Grandparents) zur Erstellung entsprechender Tierzahlen für die Großelterntierstufe erforderlich. Folglich kann die Realisierung des generierten Selektionserfolges in den Mastendprodukten bis zu vier Jahre in Anspruch nehmen (NEETESON et al., 2012).

Der rasch voranschreitende Zuchtfortschritt von B.U.T. 6 Mastputen wird insbesondere beim Vergleich aktueller Gewichtsvorgaben mit Mastleistungszielen vergangener Jahre deutlich. So sollten B.U.T. 6 Masthähne nach Vorgaben von 2008 mit dem Abschluss der 22. Woche idealerweise ein Gewicht von 22,80 kg aufweisen (MEYER, 2009). Nach den heutigen Vorgaben von AVIAGEN TURKEYS (2012) sind männliche B.U.T. 6 Mastputen fähig, ein Gewicht von 23,36 kg nach 22 Wochen zu erreichen. Nach MEYER (2012) ist ein genetischer Fortschritt aufgrund einer ausreichenden genetischen Variation auch in Zukunft weiter gegeben. Neben den ökonomisch relevanten Selektionskriterien der Mastleistung und des Schlachtkörperwertes sind Aspekte des Tierwohls und der Tiergesundheit fester Bestandteil der Zuchtprogramme. Derzeit wird die Selektion zu einem Drittel auf tierschutzrelevante Parameter gerichtet, wie z.B. die Beingesundheit der Puten (MEYER, 2012). Zur Identifikation der Tibialen Dyschondroplasie (TD) wird mit einer speziellen Röntgenanalyse (Lixiskop) eine entsprechend aufwändige Datenerfassung durchgeführt (NEETESON et al., 2012). Mit der Identifikation und Selektion von Zuchttieren mit einer verringerten Wasseraufnahme im Verhältnis zur aufgenommenen Futtermenge, versuchen die Zuchtunternehmen Genotypen zu etablieren, welche die Einstreufeuchte weniger schnell erhöhen, um somit die Pododermatitis-Problematik der Masttiere zu verbessern (MEYER, 2012). Darüber hinaus werden mit einer sogenannten Multi-Environment-Selektion relevante Genotyp-Umwelt-Interaktionen aufgedeckt, indem Daten zur Darmgesundheit, Immunfunktion oder Lebensfähigkeit von Geschwistertieren, die in einer normalen Produktionsumwelt stehen, erhoben und bei der Selektion von Reinzuchttieren berücksichtigt werden (NEETESON et al., 2012).

2.1.5.4. Die Fütterung von B.U.T.6 Mastputen

Es können zwei Formen der konventionellen Putenmast unterschieden werden. Die Kurzmast mit 63-84 Tagen Mastdauer, oder die Langmast mit 111-115 Tagen für die Hennen und 145-154 Tagen für die Hähne (BELLOF und WEINDL, 2013). B.U.T.6 Puten werden in Deutschland zu 95 % für die Langmast eingesetzt (JEROCH, 2013). Da sich die Ansprüche der Puten an die Inhaltsstoffe des Futters im Verlauf der Mast stetig ändern, ist es notwendig, dem Bedarf der Puten mit einer Phasenfütterung (Hähne: 6-Phasenmast, Hennen: 5-Phasenmast) entgegenzukommen (JEROCH, 2013). Um die oben genannten Leistungsziele erreichen zu können, hat AVIAGEN TURKEYS (2009) speziell auf den Genotyp B.U.T.6 abgestimmte Futterempfehlungen entwickelt, welche die Bedürfnisse dieser Masthybriden hinsichtlich der Energie-, Protein-, Aminosäuren-, Vitamin- und Mineralstoffausstattung in allen sechs Mastphasen berücksichtigen. Hierbei wird ein, mit dem Alter der Puten, steigender Energiegehalt bei sinkenden Protein- und AS-Gehalten angegeben.

Die Alleinfuttermischungen werden in Form von Granulat (Aufzucht) oder Pellets (Mastphasen) angeboten. Als Vorbeugung gegen Kokzidiosen im Bestand enthalten in der Regel alle in der Putenintensivmast verwendeten Alleinfuttermischungen Kokzidiostatika (HAFEZ 1996) in Form von Monensin-Natrium oder Lasalocid-Natrium. Diese zugelassenen Futterzusatzstoffe werden von der ersten Phase der Mast an bis einschließlich der vierten Mastphase eingemischt.

Während KARTZFEHN (2012) Energiegehalte von bis zu 13,3 ME_G MJ/kg in der letzten Mastphase angibt (1. Mastphase: bis zu 11,6 ME_G MJ/kg; 2. Mastphase: bis zu 11,8 ME_G MJ/kg; 3. Mastphase: bis zu 12,2 ME_G MJ/kg; 4. Mastphase bis zu 12,6 ME_G MJ/kg; 5. Mastphase: bis zu 12,9 ME_G MJ/kg; 6. Mastphase bis zu 13,3 ME_G MJ/kg), untersuchten SCHMIDT et al. (2006) den Effekt von reduzierten Energiegehalten in der Putenmast von B.U.T.6 Mastputen. Die Ergebnisse zeigten einen engen Zusammenhang zwischen den ME-Gehalten des Futters und der aufgenommenen Futtermenge. Wurde der Energiegehalt der Alleinfuttermischungen reduziert, so war eine erhöhte Futteraufnahme der Puten zu vermerken (SCHMIDT et al., 2006). Bei reduzierten Energiegehalten (Tab. 4), aber einem konstanten AS:ME Verhältnis der Alleinfuttermischung ist also durch die höhere Futteraufnahme mit einer Deckung des Energie- und Aminosäurenbedarfs der Puten zu rechnen. Das Prinzip der abgesenkten Energiegehalte dient somit der bedarfsgerechten Versorgung der Puten mit essentiellen Aminosäuren (SCHMIDT et al., 2006) und wurde auch in der vorliegenden Studie erfolgreich eingesetzt.

Tabelle 4: Bedarfsempfehlungen für männliche B.U.T.6 Mastputen für die 6-Phasenmast in Anlehnung an AVIAGEN TURKEYS (2009)

Merkmal		Fütterungsphase					
		1	2	3	4	5	6
		1-2 Lw. ¹⁾	3-5 Lw.	6-9 Lw.	10-13 Lw.	14-17 Lw.	18-21 Lw.
ME	MJ	11,2	11,4	11,8	12,2	12,4	12,6
Rohprotein	%	28,5	26,5	23,0	21,0	18,0	16,0
Methionin	%	0,60	0,54	0,50	0,48	0,44	0,40
Lysin	%	1,75	1,50	1,30	1,20	1,00	0,90
Lys/ME	g/MJ	1,56	1,32	1,10	0,98	0,81	0,71
Met/ME	g/MJ	0,54	0,47	0,42	0,39	0,35	0,32
Lys/Met	1:	0,34	0,36	0,38	0,40	0,44	0,44

¹⁾Lw. = Lebenswoche

2.1.5.5 Typische Erkrankungen schnellwachsender Putenherkünfte

2.1.5.5.1 Beinschwächesyndrom mit besonderer Berücksichtigung der Pododermatitis

Der Begriff des Beinschwächesyndroms moderner Mastputen wird für eine große Anzahl an Skelett- und Knorpeldeformationen variablen Ursprungs verwendet. Alle haben eine Beeinträchtigung des Gangbildes, des Wohlbefindens der Tiere als auch wirtschaftliche Einbußen zur Folge. Zu dem Überbegriff der Beinschwäche zählen Erkrankungen wie die Perosis, Tibiartrosion, Tibiale Dyschondroplasie, Artikuläre Osteochondrosen, Antitrochanterdegeneration, Femurkopfdegeneration, Schliffusuren am Gelenkknorpel, Hämarthros, Gelenkgicht, Spontanfrakturen, Arthritis, Osteomyelitis und Osteochondritis (SPINDLER, 2007). An der Entwicklung dieser Erkrankungen sind genetische, haltungsbedingte sowie infektiöse Faktoren beteiligt (HAFEZ, 1996; SPINDLER, 2007). Auch die Pododermatitis wird zu dem Beinschwähekomplex der Puten gezählt (SPINDLER, 2007).

Fußballengeschwüre unterschiedlichster Ausprägungen sind in der heutigen Putenmast ein weitverbreitetes Problem. Sowohl die Anzahl an Arbeiten zu diesem Thema als auch die Vielfalt an möglichen Ursachen machen die Bedeutung der Pododermatitis als Faktorenkrankheit deutlich. Zu den häufigsten ätiologischen Gründen gehören die Einstreu (Einstreumaterial und Einstreufeuchte), genetische Faktoren, Körpergewicht bzw. Körpermasse, Besatzdichte und Fütterung (MAYNE et al., 2006; GROBE-LIESNER, 2007; BERK, 2009; YOUSSEF et al., 2011; BELLOF et al., 2014). Wobei einzelne Pododermatitis begünstigende Faktoren eng zusammenhängen. So berichten LEESON und SUMMERS (2005) von einer engen Verbindung zwischen der Einstreufeuchte und erhöhten Kaliumgehalten pflanzlicher Futtermittel wie z.B. Sojabohnen, welche zu einer kürzeren Darmpassagezeit des Futterbreis und dadurch zu einem erhöhten Wassergehalt der Ausscheidungen beiträgt. Ebenso sind auch YOUSSEF et al. (2011) der Meinung, dass hohe Kaliumgehalte die Wasseraufnahme und somit den Kotwassergehalt und die Einstreufeuchte erhöhen. Zusätzlich tragen erhöhte Oligosaccharidgehalte des SES zu einer stärkeren Anhaftung des Kotes an den Fußballen bei und verschärfen das Problem von Fußballengeschwüren (LEESON und SUMMERS, 2005; YOUSSEF et al., 2011). In der Studie von BELLOF et al. (2014) wurde die Fußballenbeschaffenheit zweier Putengenotypen (B.U.T.6 und Kelly BBB) verglichen. Die Tiere, welche die Möglichkeit zur Nutzung eines Grünauslaufes hatten und ein dementsprechend geringerer Kontakt der Fußballendermis zu den eigenen Exkrementen stattgefunden hat, zeigten die bessere Fußballengesundheit. MAYNE et al. (2006) hingegen berichten von Putenmastküken eines schweren weißen Genotyps, welche bereits ab einem Alter von einer Woche Zellveränderungen wie hydropische Degeneration, Akanthose und vermehrte Vaskularisation in der Fußballenhaut aufwiesen. Individuelle genetische Komponenten, welche einen unterschiedlichen Aufbau der Fußballenhaut bewirken, können also nicht ausgeschlossen werden (MAYNE et al., 2006). Auch moderne Zuchtverfahren gehen auf die genetische Komponente als Ursache der Pododermatitis durch die Selektion von Zuchttieren, welche die Einstreufeuchte erhöhen ein (MEYER, 2012). GROBE-LIESNER (2007) verweist neben den genetischen Ursachen, unter anderem auch auf den Einfluss des Körpergewichtes und somit auch einer höheren Belastung der Metatarsalballen schwerer Putenherkünfte. Allerdings sind die Faktoren Körpergewicht und genetische Prädisposition in Form einer unterschiedlichen Struktur der Fußballendermis schwer voneinander abzugrenzen, wenn eine genetisch festgelegte hohe Mastleistung zu erwarten ist.

2.1.5.5.2 Brusthautläsionen

Brusthautveränderungen stellen in der Putenmast, durch eine verringerte Schlachtausbeute und zusätzlich entstehende Kosten bei der Entfernung von Brusthautläsionen aus dem wertvollsten Teilstück des Putenschlachtkörpers, ein erhebliches wirtschaftliches Risiko dar (HAFEZ, 1996; BERK, 2002). Brusthautläsionen lassen sich in Brustknöpfchen (breast buttons oder Fokale Ulzerative Dermatitis), Brustblasen (Brustschleimbeutelentzündungen, Bursitis praesternalis) und Bursahygrome differenzieren (BERK, 2002). Eine Brustblase ist definiert als eine entzündliche Umfangsvermehrung des Brustbeinkammschleimbeutels (BERK, 2002). Das Bursahygom hingegen ist eine fluktuierende Umfangsvermehrung der Bursa praesternalis ohne Anzeichen eines entzündlichen Geschehens (BERK, 2002). Brustknöpfchen stellen sich als schorfig ulzerierende, dunkel bis schwarz verfärbte Läsionen mit konvexen Rändern und konkavem Zentrum der oberen Hautschicht dar (BERK, 2002). Die Ätiologie der Brusthautläsionen ist ähnlich multifaktoriellen Ursprungs wie das Auftreten von Fußballengeschwüren. So wird neben Haltungs- und Managementfehlern wie zu feuchter Einstreu und schlechter Einstreuqualität auch ein zu schnelles Wachstum, genetische Einflüsse oder eine zu langsame Brustbefiederung sowie höhere Körpergewichte männlicher Putenhähne diskutiert (HAFEZ, 1996; KAMYAB, 2001; MITTERER-ISTYAGIN et al., 2011). Einige Autoren gehen von einer Besserung der Problematik bei niedrigeren Stalltemperaturen und einer infolgedessen stimulierten Gefiederbildung im Brustbereich, welche die Aufgabe eines Stoßdämpfers beim Absetzen der Tiere übernimmt, aus (NEUFELD, 1989). HAFEZ (1996) sieht eine Lösung der Problematik in der Verbesserung der Haltungsbedingungen sowie in der Selektion von Tieren mit langsamer Brustbefiederung.

2.1.5.5.3 Herz-/ Kreislauferkrankungen

Zu den wichtigsten Herz-/Kreislauferkrankungen bei Puten zählen die Aortenruptur, plötzliches Herzkreislaufversagen (sudden death syndrome = SDS) und die Spontane Kardiomyopahtie. Auch diesen Erkrankungen ist bisher noch keine einheitliche Ätiologie zugeordnet. Allen Herz-/Kreislauferkrankungen werden auch genetische, Fütterungs- und Haltungsbedingte Komponenten unterstellt (BERGMANN, 1992; HAFEZ, 1996; SHIVAPRASAD et al., 2004; FELDHAUS und SIEVERDING, 2007). Die Aortenruptur tritt vornehmlich bei Putenhähnen zwischen der 8. und 24. Lebenswoche auf (PETERMANN, 2006). Der Grund für die plötzliche Ruptur der Aorta ist der Elastizitätsverlust der Gefäßwand, welche einem erhöhten Blutdruck nicht mehr standhält (HAFEZ, 1996). Da Kupfer eine wichtige Rolle bei der Kollagen- und Elastinsynthese spielt, wird ein möglicher Kupfermangel bei der

Entstehung der Aortenruptur diskutiert (SHIVAPRASAD et al., 2004). BERGMANN (1992) berichtet neben prädisponierenden Faktoren, wie einer hohen Wachstumsintensität, auch von einem Einfluss des Fett- und Proteingehalts des Futters auf die Pathogenese der Aortenruptur. Experimentell lassen sich spontane Aortenrupturen bei Puten durch die Verabreichung von β -Aminopropionitril, einem toxischen Stoff der Wicke auslösen (SIMPSON et al., 1980). Weiter können hormonelle Einflüsse, wie die Wirkung des Steroids Diethylstilbesterol (DES) spontane Aortenrupturen bei Puten auslösen, dies belegt die Studie von BEALL et al. (1963), in welcher männlichen Bronze-Puten subkutane DES-Implantate eingesetzt wurden. Die Puten mit DES-Implantaten nahmen im Gegensatz zu der Kontrollgruppe schneller an Gewicht zu, erreichten aber dieselben Mastendgewichte. Im ersten Experiment starben 27,7 % der Tiere mit einem Implantat im zweiten Experiment waren es 58,3 % (BEALL et al., 1963). BEALL et al. (1963) vermuteten eine Beteiligung der Lipidplasmakonzentration an der Pathogenese, da diese bei Puten mit DES-Implantaten erhöht waren.

Die Ursachen für das plötzliche Herzkreislaufversagen sind ebenfalls noch nicht gänzlich geklärt. Typischerweise sind bei an SDS verstorbenen Tieren Ödeme, Blutstauungen in der Lunge, und Blutungen unter der Nierenkapsel zu finden (MUTALIB und HANSON, 1990; BOULIANNE et al., 1993). Es wird angenommen, dass bei frohwüchsigen Putenherkünften in der Intensivmast das Kardiovaskuläre System und der Atmungsapparat ohnehin sehr hohen Belastungen ausgesetzt sind, sodass jegliche Form der Mehrbeanspruchung letztendlich auch zum Tod der Tiere führen kann (BOULIANNE et al., 1993).

Die spontane Kardiomyopathie (Kugelherz) tritt vor allem bei jungen Puten zwischen der ersten und achten Lebenswoche auf (PETERMANN, 2006; FELDHAUS und SIEVERDING, 2007). Pathologisch sind hierbei kugelförmige Herzen, Perikardergüsse und Aszites zu finden (FELDHAUS und SIEVERDING, 2007).

2.2 Literaturübersicht: Befund einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei männlichen B.U.T.6 Mastputen

2.2.1 Hashimoto Thyreoiditis beim Menschen

Die häufigste Ursache einer Schilddrüsenunterfunktion beim Menschen in Gebieten mit einer ausreichenden Jodversorgung ist die lymphozytäre Thyreoiditis (Hashimoto Thyreoiditis) (HEROLD, 2003; SPINAS und OTT, 2005; LATROFA und PINCHERA, 2008). Es handelt sich hierbei um ein Autoimmungeschehen, welches durch die Anwesenheit von Thyreoperoxidase- (TPO) und Thyreoglobulin- (Tg) Antikörpern sowie der Einwanderung von Lymphozyten in das Schilddrüsengewebe geprägt ist. Als Folge der Zerstörung des Schilddrüsengewebes durch die Autoantikörper entwickelt sich eine Schilddrüsenunterfunktion. Die Hashimoto Thyreoiditis ist eine genetisch bedingte Autoimmunerkrankung und tritt vor allen Dingen bei Frauen zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr auf (HEROLD, 2003). Nach HEROLD (2003) haben 50 % der Familienangehörigen eines Patienten mit Hashimoto Thyreoiditis ebenfalls Autoantikörper. Grundsätzlich sind Frauen von dieser Erkrankung bis zu 15mal häufiger betroffen als Männer (EBERZ und REGAUER, 2009).

Neben der genetischen Ursache dieser Erkrankung nennt STEWART (2013) zusätzlich den Effekt der Unter- sowie Überversorgung mit dem Spurenelement Iod auf das Autoimmungeschehen der Schilddrüse. So konnte in epidemiologischen Studien bewiesen werden, dass eine Substitution mit jodiertem Speisesalz eine erhöhte Prävalenz an Patienten mit einer Autoimmunerkrankung der Schilddrüse, welche von einer subklinischen Hypothyreose begleitet war, zur Folge hatte (BÜLOW-PEDERSEN et al., 2007). Auch Versuche an Mäusen, welchen zunächst iodarme Diäten verfüttert und im Anschluss mit Iod angereichertes Futter verabreicht wurde, zeigten Schilddrüsenveränderungen, die dem Bild einer Schilddrüsen-Autoimmunerkrankung glichen (STEWART, 2013). Desweiteren nennen PACINI et al. (1998) radioaktive Strahlung als eine Ursache für autoimmune Schilddrüsenerkrankungen. So konnte ca. 6 Jahre nach der Nuklearkatastrophe von Tschernobyl ein signifikant höherer Anteil an Kindern, welche der Strahlung ausgesetzt waren, mit einer autoimmunen Thyreoiditis festgestellt werden (PACINI et al., 1998).

Meist wird die lymphozytäre Thyreoiditis erst bei dem Auftreten der Symptome einer Hypothyreose diagnostiziert (HEROLD, 2003). Die Anfangsphase dieses Autoimmungeschehens ist geprägt von einer langen subklinischen Phase mit einer weitestgehend physiologischen Schilddrüsenfunktion (LATROFA und PINCHERA, 2008), sodass die Erkrankung lange Zeit unerkannt bleibt. KAHALY et al. (2010) berichten von einer

vorübergehenden Hyperthyreose zu Beginn der Erkrankung, welche jedoch durch ihre geringe Ausprägung nur selten diagnostiziert wird. Durch die oft über Jahre andauernde Pathogenese und somit einem äußerst langsamen Wechsel vom euthyreoten zum hypothyreoten Zustand des Patienten, bleiben die Symptome und damit auch die Erkrankung häufig unerkannt (LATROFA und PINCHERA, 2008). Nach LATROFA und PINCHERA (2008) kommt es oft erst nach der Ausbildung eines Kropfes oder dem zufälligen Befund eines leicht erhöhten TSH-Gehaltes im Blut zu einer Diagnose. Klinisch manifest zeigt sich eine Autoimmunthyreoiditis meist erst, wenn auch die Konzentration der Schilddrüsenhormone (T3, T4) erniedrigt ist (LATROFA und PINCHERA, 2008). 90 % aller Patienten weisen eine hohe Konzentration an TPO - Antikörpern auf. Hingegen sind Tg-Antikörper nur bei 50 % aller Patienten zu finden (KAHALY et al., 2010).

Sowohl das makroskopische als auch das mikroskopische Bild der Schilddrüse ist bei der autoimmunen Thyreoiditis von unterschiedlichen Schweregraden geprägt. Je nach Ausmaß reicht das klinische Bild der Schilddrüse von einem Struma bis hin zu einer Atrophie der Schilddrüse (LATROFA und PINCHERA, 2008). Schilddrüsen mit histologisch erkennbaren fokalen Anhäufungen von T- und B-Zellinfiltraten weisen makroskopisch physiologische Größen auf (LATROFA und PINCHERA, 2008). Die fokale lymphozytäre Thyreoiditis stellt das frühe Stadium dar. Ist die Autoimmunerkrankung weiter vorangeschritten reicht das histologische Bild bis hin zu einem völligen Kolloidverlust (LATROFA und PINCHERA, 2008).

Die durch eine Schilddrüsenunterfunktion hervorgerufenen Symptome können sehr variabel sein, da die regulative Wirkung der Schilddrüsenhormone auf den Stoffwechsel letztendlich nahezu alle Organsysteme beeinflusst. Neben dem Stoffwechsel sind vorwiegend die Haut, das Herz- Kreislaufsystem, der Verdauungsapparat, das Nervensystem, die Psyche, der Bewegungsapparat und das Reproduktionssystem (LATROFA und PINCHERA, 2008) (Tabelle 6) von Symptomen betroffen. Zu den wichtigsten Anzeichen einer klinisch manifesten Hypothyreose gehören Kälteintoleranz, trockene verdickte Haut, Ödeme an den Händen, im Gesicht und den Augenlidern, eine heisere Stimme, Alopezie, Müdigkeit und eine Gewichtszunahme aufgrund von Wassereinlagerungen im Gewebe (LATROFA und PINCHERA, 2008; KAHALY et al., 2010). LATROFA und PINCHERA (2008) unterscheiden zwischen dem hämodynamischen Zustand von hypothyreoten Patienten in Ruhe und unter Belastung. Durch den Wegfall der ino- und chronotropen Wirkung der Schilddrüsenhormone ist sowohl die Herzfrequenz als auch die Herzauswurfleistung in Ruhe verringert (LATROFA und PINCHERA, 2008). Dieser Zustand ist vergleichbar mit einer kongestiven Herzinsuffizienz, da nun zusammen mit einer Erhöhung des Gefäßwiderstandes durch verminderte Kontraktilität der

Blutgefäße nur noch eine reduzierte Perfusion der Gewebe stattfinden kann (LATROFA und PINCHERA, 2008). Steigt hingegen unter Belastung das Herzauswurfsvolumen bei erhöhtem Gefäßwiderstand, so kommt es zu einem Blutdruckanstieg (LATROFA und PINCHERA, 2008).

Nach LATROFA und PINCHERA (2008) treten bei hypothyreoten Patienten häufig Muskelschmerzen und Krämpfe auf. Das „Hoffman Syndrom“ beschreibt eine Muskelhypertrophie im Zuge einer Hypothyreose bei vornehmlich erwachsenen Patienten (LATROFA und PINCHERA, 2008). Das Muskelwachstum betrifft vor allen Dingen den Musculus gastrocnemius, Musculus deltoideus und Musculus trapezius, sodass Patienten mit einer hypothyreoten Myopathie eine feste gut ausgeprägte Arm- und Beinbemuskelung aufweisen (LATROFA und PINCHERA, 2008). MASTROPASQUA et al. (2003) schildern in Ihrem Fallbericht eine typische Erhöhung der CK bei einem Patienten mit Hoffman Syndrom.

Derzeit ist eine ursächliche Behandlung der Hashimoto Thyreoiditis nicht möglich. Eine Verabreichung von Immunsuppressiva sowie Steroiden ist nach HEROLD (2003) nicht zielführend. Die Behandlung beschränkt sich auf die Therapie der aus der Autoimmunerkrankung resultierenden Hypothyreose durch die Substitution von Schilddrüsenhormonen in Form von Levothyroxin (LT4). Nach KAHALY et al. (2010) kann sich die Nahrungsergänzung mit Selen auf das Fortschreiten der Erkrankung positiv auswirken.

Tabelle 5: Zusammenfassung der wichtigsten Symptome einer klinisch manifesten Hypothyreose beim Menschen nach LATROFA und PINCHERA (2008)

Betroffenes Organ (-system)	Symptom
Haut	<ul style="list-style-type: none"> • Kälteintoleranz • Trockenheit • Ödeme an Händen, im Gesicht und Augenlidern • Alopezie • Blässe • Verminderte Schweißsekretion
Herz-/Kreislaufsystem	<ul style="list-style-type: none"> • Bradykardie • Erhöhter Gefäßwiderstand • Diastolische Hypertension • Kardiomegalie • Perikarderguss • Verringerte Belastungsfähigkeit
Bewegungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Generalisierte Muskelhypertrophie • Schnelle Ermüdbarkeit der Muskulatur • Gelenks- und Muskelschmerzen • Steifheit der Gliedmaßen
Stoffwechsel	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerter Grundumsatz • Verringerte Proteinsynthese • Verringerte Glucoseabsorption • Erhöhtes totales Cholesterin
Verdauungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Konstipation • Bläh-/ und Völlegefühl • Verlängerte Gastrointestinale Transitzeit • Verringerte Intestinale Absorption • Aszites • Erhöhte Leberenzymwerte • Gallenblasenhypotonie • Atrophie der Gastrointestinalen Schleimhaut • Anorexie

2.2.2 Hashimoto Thyreoiditis und Hypothyreose bei Tieren

Während es in der Kleintiermedizin durchaus Hinweise auf Thyreoiditisformen ähnlich der Hashimoto Thyreoiditis des Menschen gibt (HÄMMERLING et al., 2009), ist diese Form der Schilddrüsenentzündung in der Nutztiermedizin weitestgehend unerforscht. Dennoch spielte die künstlich induzierte Hypothyreose in der Vergangenheit auch bei landwirtschaftlichen Nutztieren eine Rolle. So gab es, wie ältere Studien beweisen, die Bemühungen, die Schilddrüsenfunktion gesunder Tiere durch Thiouracilgaben soweit zu beeinflussen, dass diese durch gesteigerte Lebendmassezunahmen einen höheren Marktwert erzielten (TURNER, 1946; SCHOFFER, 1952; ASHER und MÜLLER, 1951; WÖHLBIER und SCHNEIDER, 1966).

So berichtet SCHOFFER (1952) von einem großen Forschungsfortschritt während der 40er und 50er Jahre hinsichtlich der antihormonellen Therapie des Morbus Basedow beim Menschen, welche im Gegensatz zu der Hashimoto Thyreoiditis eine Immunhyperthyreose darstellt. Das Thyreostatikum Thiouracil wurde 1943 erstmals zur Behandlung des Morbus Basedow angewandt (STOFFREGEN, 2005). Auch heute werden zur Behandlung des Morbus Basedow Nachfolgepräparate des Thiouracils wie das Thiamazol oder Carbimazol verwendet. Durch die in der Humanmedizin an Tieren erforschten Nebenwirkungen thyreostatisch wirksamer Substanzen fanden, parallel zu den für die Humanmedizin durchgeführten Versuchen, Studien zu dem Einsatz von Thyreostatika in der Tiermast, vorwiegend mit dem Wirkstoff Methylthiouracil (MTU) statt (SCHOFFER, 1952). Durch die Herabsetzung der Stoffwechselaktivität erhoffte man sich eine Einsparung von Futtermitteln und eine kürzere Mastdauer bei gleichen Endgewichten (SCHOFFER, 1952). Auch SCHOFFER (1952) führte mehrere Mastversuche mit MTU an Schweinen durch. Wie Ergebnisse dieser Studie zeigten, war eine Anwendung von MTU bei Mastschweinen unter 7 Monate ohne Schäden für die Tiere in Form von Wachstumshemmungen, Haut- Haarveränderungen und Erbrechen nicht möglich. Außerdem wurde MTU längstens über einen Zeitraum von 6 Wochen angewendet. SCHOFFER (1952) gibt aber bei Berücksichtigung dieser Punkte und eines Mindestalters von 7 Monaten eine Futterersparnis und eine positive Beeinflussung der Mastleistung bei Verabreichung von 0,2 - 0,5 g MTU täglich über 6 Wochen an. Allerdings ist nach SCHOFFER (1952) die Anwendung dieser Methode auf breiter Basis und ohne tierärztliche Aufsicht, wegen starker Nebenwirkungen abzulehnen.

Gegenteilige Ergebnisse zeigt die Studie von ASHER und MÜLLER (1951), welche Absatzferkel in drei Gruppen eingeteilt (0,2 g MTU tgl., 0,5 g MTU tgl., 0 g MTU tgl. bzw. Kontrollgruppe) und MTU bei gleichen Futterrationen verabreicht hatten. Zunächst konnte ein Gewichtsvorsprung der Ferkel unter MTU - Einfluss im Gegensatz zur Kontrollgruppe

vermerkt werden. Dieser glich sich allerdings im Laufe der drei-monatigen Versuchsphase aus. Außerdem wiesen die Tiere, welchen die höchste Dosis von 0,5 g/d MTU tgl. verabreicht wurde, typische Symptome einer Hypothyreose auf (harte, trockene Haut mit einer hohen Neigung zur Schuppenbildung und Alopezie).

Da die häufig aus der Literatur unter MTU-Einfluss erhöhten Tageszunahmen ebenfalls ein Resultat erhöhter Wassereinlagerung sein könnten, untersuchten WÖHLBIER und SCHNEIDER (1966) den Stoffansatz von 3 Ochsen der Hinterwälder Rasse unter MTU-Einfluss. Hierzu wurden Stickstoff- und Kohlenstoffbilanzen der Tiere während und nach der Verabreichung von 5 g MTU/Tier/Tag ermittelt. Die Phase der Zulage von MTU dauerte 30 Tage. Die Ergebnisse zeigen zwar eine erhebliche Steigerung der Tageszunahmen von 400 g in der Phase der MTU-Verabreichung, da der Stoffansatz allerdings keine Unterschiede zu erkennen ließ, gehen WÖHLBIER und SCHNEIDER (1966) von Mehrzunahmen auf Grund von Wassereinlagerung in Form eines für hypothyreote Patienten typischen Myxödems aus.

Auch in der Geflügelfütterung gab es Bemühungen die endokrinen Vorgänge der Schilddrüse zu Gunsten besserer Mastergebnisse zu beeinflussen. So verglich TURNER (1946) in seiner Studie mit weißen Leghorn-Eintagsküken die Wirkung von Thiouracil im Vergleich zu der Wirkung der im Raps enthaltenen strumigenen Substanzen. Das Experiment hatte den Ersatz von Thiouracil mit Raps zum Ziel. Es wurden 4 Versuchsgruppen mit 5 %, 10 %, 20 %, 40 % gemahlenen Rapssamen in der Diät über 3 Wochen gefüttert und mit einer Versuchsgruppe, welcher 0,1 % Thiouracil verabreicht wurde, verglichen. Im Vergleich zu dem Einsatz von Thiouracil war der Einsatz von Rapssamen, mit dem Ziel die Mastleistung zu verbessern, nur halb so effektiv.

Allerdings sind alle hier genannten Literaturbeispiele Folgen einer künstlich erzeugten Hypothyreose. Die Ätiologie oder auch Auswirkungen einer immuninduzierten Hashimoto Thyreoiditis mit Zerstörung des Schilddrüsengewebes und einer Hypothyreose als Folge sind in der Nutztiermedizin außer als Modell für die Forschung in der Humanmedizin (WICK et al., 1974; 2006) soweit nicht bekannt.

2.2.3 Das Obese Strain Hühner-Modell als Beleg für die Möglichkeit einer autoimmunen Thyreoiditis beim Geflügel

Bisher wurde die Autoimmune Thyreoiditis an Labortieren wie dem Beagle und Ratten erforscht (FRITZ et al., 1970; REUBER und GLOVER, 1976). WICK et al. (1970; 1974; 1984; 2006) untersuchten die lymphozytäre Thyreoiditis als spontan auftretende, vererbte Autoimmunerkrankung am Hühnermodell (Obese-Strain = OS) und bewiesen somit die Möglichkeit einer Immundefizienz beim Geflügel. Da diese Form der immunen Schilddrüsenunterfunktion sowohl in der Symptomatik als auch dem histologischen Bild der Schilddrüsen der lymphozytären Thyreoiditis des Menschen gleicht (WICK et al., 1970), stellen die OS-Hühner somit ein weiteres Tiermodell für die Erforschung immunopathologischer Vorgänge in der Humanmedizin dar.

Das Modell der OS wurde an der Cornell University in Ithaca, New York von R. K. Cole in den 50er Jahren, durch ein über 35 Jahre andauerndes selektives Zuchtprogramm weißer Leghorn-Hühner entwickelt (COLE, 1966; 1970). In den ersten Jahren der Zucht zeigten nur weibliche Tiere Symptome einer autoimmunen Thyreoiditis (COLE, 1966; WICK et al., 1974). Dieses Bild gleicht der Epidemiologie der Hashimoto-Erkrankung beim Menschen, da hier auch vorwiegend Frauen von dieser Autoimmunerkrankung betroffen sind (HEROLD, 2003). Ein kleiner Teil der Kolonie der OS-Hühner wurde zu Zwecken der näheren Erforschung der spontanen Autoimmunthyreoiditis (SAT) im Jahre 1970 nach Wien und 1975 nach Innsbruck verbracht und dort weitergezüchtet (WICK et al., 2006).

Die OS-Hühner zeigten bereits nach der ersten Lebenswoche lymphozytäre Infiltrate der Schilddrüsen (KITE et al., 1969). Das Krankheitsbild der Hypothyreose glich Symptomen von Hühnern nach einer Schilddrüsen- oder Hypophysenentfernung und konnte durch Thyroxingaben eingedämmt werden (COLE et al., 1970). Schilddrüsenautoantikörper konnten bereits bei 3 bis 4 Wochen alten OS-Hühnern nachgewiesen werden, wobei ein erhöhter Antikörpertiter mit steigendem Alter zu vermerken war (KITE et al., 1969). Wie in Abbildung 7 zu erkennen ist, wiesen die Tiere äußerlich Anzeichen eines Kretinismus oder Zwergwuchses auf, ihre Haut war weich und schlaff mit spärlicher Befiederung, welche aus langen seidigen Federn bestand, ihre Kämme waren unterentwickelt (COLE, 1966; WICK et al., 1974). Der Eintritt in die Geschlechtsreife der Tiere war verzögert und sie wiesen eine erhöhte Kälteempfindlichkeit auf (Aufplustern in Abb.7, das Bild wurde in einer kühlen Umgebung aufgenommen) (COLE, 1966; WICK et al., 1974). Diese Symptome ähneln stark dem Krankheitsbild der Hashimoto-Hypothyreose des Menschen (WICK et al., 1970). COLE (1966) berichtet von einem Scoring-System der phänotypischen Ausprägung der für OS-Hühner

typischen Merkmale (geringe Körpergröße, langes seidiges Gefieder, und Fettleibigkeit), welches die Selektion für die Zucht dieser Tiere erleichtern sollte.

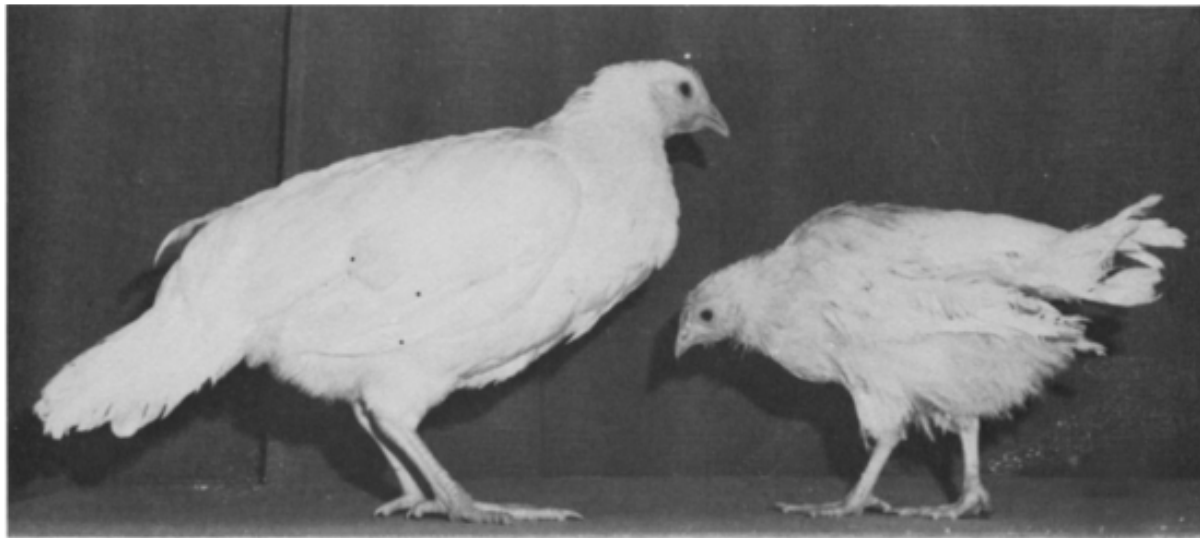


Abbildung 10: Vergleich eines 10 Wochen alten weiblichen normalen weißen Leghorn-(NWL) Huhns (links) mit einem Obese-Strain-(OS) Leghorn-Huhn (rechts) aus WICK et al. (1974)

Da die SAT der OS-Hühner die Reproduktion stark beeinträchtigte, war die Zucht nur durch Schilddrüsenhormonsubstitution möglich (COLE, 1966). In einem Alter von zehn Wochen wurden die für die Zucht nicht brauchbaren Tiere selektiert (WICK et al., 2006). Dazu zählten nach dem eingeführten Scoring-System phänotypisch aussehende Hähne und Hennen, sowie Tiere mit übermäßigem Zwergwuchs (WICK et al., 2006). Die übrigen für die Zucht verwendeten OS-Hühner wurden mit Schilddrüsenhormonen ab der 10. Woche über das Futter supplementiert (WICK et al., 2006). Mit einem Alter von 20 Wochen fand eine weitere Selektion nach, phänotypischen Merkmalen, DNA-Typisierung und Titerbestimmung der Tg-Antikörper der Tiere statt (WICK et al., 2006). Bei positivem Ergebnis wurden die Tiere zur Zucht herangezogen.

Das histologische Bild der Schilddrüsen der OS-Hühner war bereits nach der ersten Lebenswoche verändert und nach 3 Wochen wiesen 90 % aller Tiere die schwere Form einer Thyreoiditis auf (KITE et al., 1969). Das histologische Bild war geprägt von lymphozytären Infiltraten und germinativen Zentren (KITE et al., 1969). Die histopathologischen Veränderungen betrafen beide Schilddrüsenlappen gleichermaßen, ließen sich in unterschiedliche Schweregrade einteilen und begannen bei Score 1 mit einer fokalen Lymphozyteneinwanderung um die Kapillaren herum (25 % des histologischen Querschnitts), Score 2 stellt eine Ausweitung der lymphozytären Infiltration bis auf 50 % des histologischen Querschnitts dar, Score 3 steht für eine lymphozytäre Einwanderung bis 75 % und Score 4

beschreibt die totale Infiltration der Schilddüse mit Lymphozyten (KITE et al., 1969; WICK et al., 1974).

Eine entscheidende Rolle in der Entstehung der SAT haben insbesondere die T - Lymphozyten. Immunohistochemisch lässt sich erkennen, dass die ersten lymphozytären Infiltrate hauptsächlich aus aktivierten T -Zellen bestehen (WICK et al., 1984). So konnte das Auftreten einer SAT bei OS-Hühnern durch die Entfernung der Thymusdrüse (Entstehungsort der T-Lymphozyten) bei frisch geschlüpften Küken, nach Zerstörung der noch zirkulierenden T-Zellen mittels spezifischer Antikörper verhindert werden (DE CARVALHO et al., 1981).

Nach WICK et al. (2006) können aber auch zahlreiche Infektionskrankheiten wie Newcastle Disease, infektiöse Laryngotracheitis, Reovireninfektion, infektiöse Bursitis, Aviäre Encephalomyelitis, Aviäres Leukosevirus und Mykoplasmeninfektionen eine SAT hervorrufen. Auf den Ausschluss dieser Krankheiten wurde bei der Zucht der OS-Hühner geachtet (WICK et al., 2006).

Für die Entstehung der SAT beim Hühnermodell sind zwei verschiedene genetische Anlagen verantwortlich (COLE, 1966; WICK et al., 2006). Eine hat die überschießende Reaktion des Immunsystems zu verantworten und die andere Genanlage kodiert für die Empfänglichkeit des entsprechenden Zielorgans (WICK et al., 2006). Die Schwere der Erkrankung hängt dann von weiteren Aspekten, wie beispielsweise einer verstärkten hormonellen Rückkoppelungsreaktion einerseits, oder dem Iodgehalt des Futters andererseits ab (WICK et al., 2006).

3 Publikationen

3.1 Effekte steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in der Intensivmast von männlichen B.U.T.6 Mastputen

Das folgende Manuskript „Effects of increasing rapeseed meal levels in diets of male B.U.T.6 fattening turkeys” wurde am 24. November 2013 von der Schriftleitung der Zeitschrift „Archiv für Geflügelkunde“ zur Veröffentlichung angenommen.

The following manuscript entitled „ Effects of increasing rapeseed meal levels in diets of male B.U.T.6 fattening turkeys” has been accepted for publication in the Journal “European Poultry Science” on November 24th, 2013.

Submitted August 6th, 2013; Revised September 30th, 2013; Accepted November 23rd, 2013.

Article published in: European Poultry Science

Copyright ® 2013, European Poultry Science, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

Effects of increasing rapeseed meal levels in diets of male B.U.T.6 fattening turkeys

P. Plesch¹, S. Carrasco¹, B. Schade² and G. Bellof¹

University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Faculty of Agricultural and Food Industries, 85350 Freising.

²Animal Health Service Bavaria e.V., Pathology, 85586 Poing - Grub

Keywords: Turkeys, B.U.T.6, Nutrition, rapeseed meal, growth, slaughtering, performance, pododermatitis;

Stichworte: Pute, B.U.T. 6, Fütterung, Rapsextraktionsschrot, Wachstum, Schlachtkörperwert, Leistung, Pododermatitis;

Introduction

Currently soybean meal (SBM) from imported soybeans provides the predominant protein source in livestock nutrition in Germany. However, the use of rapeseed meal (RSM) is on the increase as a protein feed in Germany. The average 00-rapeseed variety used nowadays has an reduced glucosinolate content (7.8 $\mu\text{Mol/g}$), fiber content of 11.6 % and protein content of 33.9 % (WEBER and SCHULZE, 2012), and is already successfully used in the feeding of cattle (SPIEKERS et al., 2012) and swine (WEIß et al., 2004). Some studies refer to the use of RSM to replace SBM in the feeding of broilers (ROTH-MAIER and KIRCHGEBNER, 1987; WÜRZNER, et al., 1989; HALLE, 2012). The tolerance of broilers for RSM in these investigations, vary from a range of 15 % (ROTH-MAIER and KIRCHGEBNER, 1987), 20 % (WÜRZNER et al., 1989), to 5 % (HALLE, 2012). However, the glucosinolate contents in these studies are also diverse (43 $\mu\text{Mol/g}$ (ROTH-MAIER and KIRCHGEBNER, 1987); 21 $\mu\text{Mol/g}$ (WÜRZNER et al., 1989); 4.3-5.41 $\mu\text{Mol/g}$ (HALLE, 2012)). JEROCH et al. (2008) recommend a level of 15 % of RSM in the diets of broilers.

There is little information about the use of RSM in the diets of turkeys (PALANDER et al. 2004; JEROCH et al. 2008; MIKULSKI et al. 2012). Due to the longer fattening period of turkeys in comparison with broilers, they are in fact subject to higher exposure to any possible anti-nutritive factors from RSM (FENWICK and CURTIS, 1980). However, the opinions on suitable amounts of RSM in turkey diets vary (from 0 % to 5 % RSM in week 1 to 2, and from 3 % to 10 % from the 5th week on; JEROCH et al., 2008). No effects on final body weight and carcass dressing percentage were shown in the study of MIKULSKI et al. (2012), who achieved final fattening weights of 19.75 kg to 20.00 kg in a fattening period of 147 days, by feeding male B.U.T.6 turkeys on a diet which included 18 % RSM. However, the glucosinolate values of this feeding trial amounted to 4.43 $\mu\text{Mol/g}$, which is low compared to the abovementioned content of average 00-RSM in Germany. The diversity of recommendations as well as the varying contents of glucosinolates make the use of RSM under practice conditions difficult. Therefore more studies are required to establish recommendations for standardized RSM qualities (00-variety, average fibre, energy and glucosinolate contents) in diets of turkeys. The current study was planned according to practice conditions of the german turkey production (6 fattening phases, use of average 00-RSM, increments in RSM levels, supplementation with free amino acids) and attempt to clarify the following questions: Whether and to which levels can RSM be successfully used and recommended to feed male B.U.T.6 turkeys in the intensive production system. Which effects on feed intake and performance of male B.U.T.6 turkeys have to be expected when feeding high contents of RSM? What are the consequences

on health status of B.U.T.6 turkeys measured by the parameters: foot pad lesions, bacteriological status of the caecum, macroscopical judgement of liver, thyroid weight as well as the histological examination of thyroids.

Materials and Methods

Experimental design and feed mixtures

The experiment was carried out at the poultry house of the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf. The study involved 6 phases: 2 rearing phases (phase 1: 1 to 14 d, phase 2: 15 to 35 d) and 4 fattening phases (phase 3: 36 to 62 d; phase 4: 63 to 89 d; phase 5: 90 to 113 d; phase 6: 114 to 133 d).

The experiment followed a completely randomized design comprising four treatments (feed mixtures) and 6 replicates. As observed in Table 1, the following feeding groups were evaluated during the trial: 1 control (C) without RSM and 3 with increasing levels of RSM (RSM-1: from 5 to 10 %; RSM-2: from 5 to 15 %; RSM-3: from 5 to 20 %). The control feed mixture included SBM as protein source, which was gradually replaced by 5 % RSM in the RSM mixtures (Tables 2a and 2b). Consequently, in phase 6 RSM-1, RSM-2 and RSM-3 included 10, 15 and 20 % of RSM respectively. The RSM used in the diets was a mixture of different black seeded 00-Rape subspecies of *Brassica napus*. To satisfy the high demand of amino acids, mixtures were supplemented with premixes (amino acids and minerals). The amount of digestible amino acids (lysine, methionine, tryptophan, threonine, and arginine) in the feed mixtures was calculated using digestibility values of AVIAGEN TURKEYS (2009). The feed mixtures did not contain any coccidiostats but included enzymes (phytase and 1, 4- β -xylanase), which were added in the mineral mixes. These mixes were formulated according to GfE (2004) and the energy and digestible amino acid content of the diets outlined in the AVIAGEN TURKEYS (2009) recommendations. With regard to AME levels, the lower recommended energy standard of AVIAGEN TURKEYS (2009) was chosen for the fattening phases.

The feed mixtures were prepared in the facilities of the animal nutrition department of the Technical University Munich. They were offered to the birds as pellets.

Birds management

A total of 360 male, one-day-old turkey chicks of genotype B.U.T.6 were housed in an air-conditioned conventional poultry house and divided into 24 pens (15 birds/pen; 6 m²/pen). The poultry house was heated with a thermostatically controlled heater, and during the first 3 weeks each pen had an additional heat radiator. The bedding of the pens consisted initially of wood shavings onto which straw was scattered later. The number of turkeys was reduced to 216 animals (24 pens with 9 animals) after the rearing phases. The selection was carried out

according to the average weight of the pen (table 5). All turkeys were vaccinated against Newcastle Disease. During the whole trial, the birds had free access to feed and water.

Analytical methods and sampling

The analysis of glucosinolate contents of RSM (ISO-NORM 9167-1, 1992) took place in the laboratory of the regional office of agriculture in Thuringia. Nutrient and amino acid contents of feed components as well as feed mixtures were examined according to NAUMANN and BASSLER (1976) (table 3a and 3b). The content of metabolized energy of feed mixtures was calculated as described by WPSA (1984).

The feed samples were analyzed at the start and at the end of each phase. Weights and feed consumption were registered after each phase. Losses were monitored systematically. Live weight, feed consumption and losses provided a basis for calculation of feed conversion.

At the end of phase 6, two turkeys from each pen (48 animals in total), which had a similar weight as the mean weight of the pen, were selected and slaughtered according to animal welfare regulations. Carcasses and commercial cuts including the skin were weighed. Due to the dissection of thyroids, the neck portion had to be cut further cranial from the usual cut point. The feet were removed and cleaned for further evaluation.

Immediately after the slaughter, the turkey's appendixes were tied and extracted for assessment of Salmonella colonization of the caecum. Livers, hearts and thyroids were removed, and weighed. A macroscopic evaluation of the livers was carried out to determine the metabolic overload of the turkeys. The dissected thyroids were preserved in 10 % buffered formalin, until histologic examination, to detect possible goitrogenic effects.

The evaluation of the livers, thyroids and the bacterial assessment of caecum were carried out by a pathologist of the Animal Health Service Bavaria e.V. Grub.

Foot pad lesions were scored for both the left and right foot, and classified according to a scale from 0 (no visible lesions) to 3 (deep pododermatitis) (BERK, 2009).

Statistical analysis

The collected individual animal data were analyzed statistically using the GLM procedure. For a comparison of the averages, the post hoc Tukey test was used for repeated measurements. The statistical program used was SPSS 20.0 (2011).

Results

Feed analysis

Table 3a (Phase 1 and 2) and 3b (Phase 3-6) show the results of analysis of the feed mixtures and RSM. The glucosinolate content of the used RSM amounted to 7.69 $\mu\text{Mol/g}$. For the configuration of energy, amino acid, and mineral contents the planned values for rearing and fattening phases could be achieved with only a few exceptions. These exceptions arose in the feed mixture with 15 % RSM in phase 5. The lysine/AME and methionine/AME relations were lower than their counterparts in this phase. Similarly, in phase 6 the feed mixture C had low methionine/AME and the feed mixture 15 % and 20 % lower methionine/AME values than required. In all cases the shortfall of requirements was marginal and the feed mixture of the rearing phase ensured an above the average supplementation of essential amino acids. In addition the rations were isoenergetic and isonitrogen for each phase.

Animal health and losses

The mortality accounted for 3.61 % during the rearing and 1.85 % during the fattening period. No statistical differences between the feeding groups were evident.

The bacteriological tests for salmonella in the caeca samples were all negative.

Feed intake

Table 4 describes the average feed intake during the rearing and fattening phases. Significant differences were observed between groups in phase 5 and 6 ($p < 0.05$). The control group showed the highest feed intake in both phases. The feed intake of birds with RSM in the diets was different in each phase. So, in phase 5 RSM-1 and RSM-3 presented the lowest values and RSM-2 the second highest value. This situation was reversed in phase 6. No significant verified disparities could be found for the cumulative feed intake between the groups ($p > 0.05$). From phase 3, the average daily feed intake exceeded the performance goals of AVIAGEN TURKEYS (2009), so that the above-mentioned shortfall of lysine in phase 5 was compensated by higher feed intake of group RSM-2 (6.69 g/d lysine). However the deficit in methionine could not be compensated by a higher feed intake in both phases (Phase 5: Control: 2.86 g/d, RSM-1: 2.47 g/d, RSM-2: 2.48 g/d, RSM-3: 2.73 g/d; Phase 6: Control: 2.75 g/d, RSM-1: 3.04 g/d, RSM-2: 2.52 g/d, RSM-3: 2.38 g/d).

Weight gain

Birds from group RSM-3 (5 % RSM) in phase 1 presented the lowest body mass compared to the groups without RSM ($p < 0.001$). This difference disappeared in the subsequent fattening phases. With regard to daily weight gains, the birds of group RSM-3 reached the highest rates in phase 4 ($p < 0.05$), considering that this group was 1.63 % lighter than the control group in phase 3 ($p > 0.05$) its high growth rates in phase 4 resulted in this group being 2.42 % heavier than the control group ($p > 0.05$) in this phase. But in phase 5 this group together with RSM-1 showed the lowest growth rates ($p < 0.001$). As a consequence the weight of group RSM-3 fell in phase 5 ($p = 0.052$). In this phase the best growth rates corresponded to the RSM-2 and the control group and were the best live weights in this phase. One reason for this might be the higher energy intake of RSM-2 in this phase. Furthermore the increasing crude fiber intake with rising amounts of RSM (phase 5: Control: 27.9 g/d; RSM-1: 30.4 g/d; RSM-2: 34.8 g/d; RSM-3: 35.5 g/d) in the feed mixtures might have had negative effects on the digestibility of amino acids especially in group RSM-3. Thus the lower content of methionine in the feed with 15 % RSM might have been compensated by a better digestibility compared to group RSM-3 and therefore may have led to higher weights. The average daily weight gains of the whole trial period showed no statistical differences.

In the present trial all groups achieved high performances. AVIAGEN TURKEYS (2009) suggest in a 6 phase, fattening period (22 weeks) a final weight of 22.80 kg (14 d = 0.39 kg, 35 d = 1.95 kg, 62 d = 5.81 kg, 89 d = 10.85 kg, 113 d = 15.49 kg, 133 d = 19.16 kg). Because the average daily weight gains exceeded the expected goals of AVIAGEN TURKEYS (2009) (phase 1 = 27.6 g/d, phase 2 = 55.6 g/d, phase 3 = 85.8 g/d, phase 4 = 117.7 g/d, phase 5 = 136.6 g/d, phase 6 = 144 g/d) except in phase 1, fattening phases 4, 5 and 6 were shortened and the required final weight was achieved at week 19 (RSM-3: 21.8 kg; control, RSM-1 and RSM-2: 22.2 kg).

Feed conversion rates

The feed conversion ratios are shown in Table 6. No significant differences between groups were detected in any phase. The cumulative feed conversion ratio ranged from 2.42 kg/kg to 2.47 kg/kg. Group RSM-3 showed the best feed conversion ratio in phase 1 and 2. Whereas group RSM-2 showed the worst in these phases and in phase 3. The turkeys of group RSM-1 showed the best feed conversion ratio in phase 4 in contrast the control group showed the

worst. The feed conversion ratio of group RSM-3 worsened with the increase of 5 % of RSM in phase 5. But group RSM-3 still had the best ratio in this phase and again in phase 6 in comparison to the control group, who had the worst feed conversion ratio in this phase.

Carcass yield and carcass composition

Carcass and commercial cut yields are displayed in Table 7. Live weights before slaughter and carcass weights both showed the same significant differences between groups. The RSM-3 group presented the lowest weights and RSM-2 the highest weights, despite the fact that no differences were found in final weights (P=6). This was due to the higher fiber intake of group RSM-3 (as was previously mentioned) and a high content of fiber in the digestive tube resulting in weight losses as faeces, which occurred during the fasting period prior to slaughter, thus producing the significant lower weight of group RSM-3 before slaughter. These differences are not relevant to the carcass yield and no differences could be found between groups with respect to carcass yield. The drumstick weights showed a significant superiority for turkeys fed up to 15 % RSM compared to the turkeys from group RSM-3 ($P < 0.05$). The difference in weight between RSM-3 and the control group amounted to 5.1 %. This effect may be based on the high crude fiber intake of the group RSM-3 compared to their counterparts in phase 6 (Control: 27.5 g/d; RSM-1: 38.3 g/d; RSM-2: 37.5 g/d; RSM-3: 42.9 g/d), which caused a poor digestibility of other nutrients including amino acids. An additional factor may have also been the already low supply of methionine in this phase for group RSM-3.

Due to the removal of thyroids from the carcasses, the sectioning of necks took place further away from the usual cut point. As consequence, the neckweight was lower than usual.

Heart, liver and thyroid proportions

Heart, liver and thyroid proportions based on the live weight of the animals are shown in Table 8. None of the mentioned organs revealed significant differences within feeding groups ($p > 0.05$). However, groups with high RSM intakes (RSM-1: 28.1 g/d, RSM-2: 46.9 g/d, RSM-3: 65.2 g/d) during the whole trial tended to have a higher thyroid proportion than the control and RSM-1 group ($p = 0.080$). During the histological examination of the thyroid, pieces of thymus gland tissue were found. This systematic error has been taken into account in the statistical analysis of thyroid weights.

Foot-pad dermatitis

Figure 1 shows the evaluation the foot-pad health of the animals. More than 50 % of the birds, except group RSM-2 (41.7 %), were affected with foot-pad lesions of score 3. Rising amounts of RSM in the feed mixtures had no negative effect on pododermatitis occurrence as the foot pad health of the control group turned out to be the worst of all groups with 83.3 % of turkeys with score 3. Although superficial foot pad lesions were predominant in group RSM-2, in 8.3 % of these turkeys there were no visible lesions. This group therefore had the advantage of the best foot pad health. More than half of the animals from group RSM-3 were affected by pododermatitis score 3. However there were only 66.7 % compared with the 83.3 % in the control group. The average score amounted 2.7 for the control and 2.5 for group RSM-3. There was no significant difference in scores between the feeding groups.

Macroscopic liver findings

In the macroscopic examination of the liver, group RSM-2 showed the worst results, only 8.3 % of the turkeys did not show any alterations in the liver. In contrast, in the rest of groups 41.7 % had no visible liver lesions. Small focal fatty degeneration was the most common diagnosis in affected turkeys (control: 58.3 %; RSM-1: 58.3 %; RSM-2: 91.7 %; RSM-3: 50.0 %).

Microscopic thyroid findings

A wide range of lymphocytic thyroiditis (from small scattered foci of lymphocytic thyroiditis through severe coalescing to diffuse lymphocytic thyroiditis) was found. Above 50 % of the birds from groups RSM (control group: 45.5 %) were diagnosed with lymphocytic thyroiditis. The lymphocytic infiltrations were independent of the amount of RSM in the feed.

Discussion

The analyzed level of glucosinolates (7.69 $\mu\text{Mol/g}$) found in the RSM used in the studied feed mixtures is in agreement with the results reported by UFOP (SCHUMANN, 2005) and WEBER and SCHULZE (2012).

Under the conditions of the present experiment, the registered mortality both in the rearing phase (3.61 %) and in the fattening phase (1.85 %) was below the mortality expected under farm conditions (assumed to be 10 %). This low mortality rate was a positive indicator for good health of the turkeys. Since there was no statistical difference in losses between feeding groups, the influence of RSM on mortality can be excluded. This statement is in agreement with MIKULSKI et al. (2012), who did a feeding trial with male B.U.T.6 turkeys and RSM-percentages from 0 to 18 % and could not find a significant difference in mortality between birds being fed RSM and the control group with no RSM in its diet.

HALLE (2012) described a significant decline in feed intake with rising amounts of RSM (10 % and 15 %), in a feeding trial with male broiler chicks. These results could not be confirmed by this study. Nevertheless statistical differences in feed intake become apparent in phase 5. Group RSM-3 and RSM-1 presented the lowest feed intake compared with the turkeys in the control group. This could be due to the adjustment of the birds to the new 5 % plus of RSM in their diets. In contrast MAWSON et al. (1993) suggested that the taste plays a minor role in the feed intake by poultry. However, other sensory differences as color or texture of the feed might have had an effect in this context. Due to the decrease in feed intake of group RSM-2 in phase 6, the birds achieved lower daily weight gains ($p = 0.093$), which were compensated by the comparatively high feed intake of the previous phase 5 causing high daily weight gains and consequently the highest weight in this phase. This is also the reason why the weights at the end of fattening did not reflect the low feed intake of RSM-2 in phase 6. The reason for the drop of feed intake in the RSM-2 group from phase 5 to phase 6 could be explained by the remarkable high frequency of animals with fatty liver degeneration in this group (91.6 %).

In contrast to the study of MIKULSKI et al. (2012), in which turkeys fed with 18 % RSM diets showed a deterioration of their feed conversion rates, the current study detected no effects on feed conversion efficiency.

The unexpected high weight gains mentioned above were in line with that expected from the extra synthetic amino acid supplied (lysine, methionine, threonine, tryptophan and arginine) to the feed mixtures. This effect was enhanced from phase 3 by a higher feed intake resulting

from a comparatively high body mass. Consequently the previously mentioned low lysine/AME ratio of the feed with 15 % RSM in phase 5 was compensated for and the lysine intake of this group (6.69 g/d) agreed with the reported lysine intake in phase 5 by AVIAGEN TURKEYS (2009). However, the low methionine/AME ratio in phase 5 and 6 of RSM-1, RSM-2, RSM-3 and the control group could not be compensated for by a higher feed intake. Consequently the supply of methionine in these phases was below the requirements (except RSM-1 in phase 6). The difference between requirements and actual intake of methionine accounted in phase 5 to 0.14 g/d for the control group, 0.32 g/d for RSM-1, 0.46 g/d for RSM-2, 0.06 g/d for RSM-3; and in phase 6 for 0.07 g/d for the control group, 0.07 g/d for RSM-2, 0.26 g/d for RSM-3. The shortfall of requirements did not result in any serious deficiencies and did not seem to affect the weight gain of the turkeys.

In contrast to the high final fattening weights in the current study, the turkeys in the trial of MIKULSKI et al. (2012) achieved final weights between 19.75 and 20.06 kg during a longer fattening period of 147 days. MIKULSKI et al. (2012) did not report any difference between feeding groups. In spite of the calculated higher content of lysine and methionine in their diets, the obtained weight gains were lower than the ones of the current study. One reason for these lower weights might have been the moderate rearing intensity, achieved by separating the fattening period into 5 phases and the rather low energy contents of the first phases (phase 1 = 11.3 MJ/kg; phase 2 = 11.5 MJ/kg; phase 3 = 12.6 MJ/kg; phase 4 = 12.8 MJ/kg; phase 5 = 13.2 MJ/kg). However, the energy contents of all the phases were not sufficiently different to the ones of the current study to explain the difference in weight gain. Regarding the established levels of RSM from day 1 (0 %, 6 %, 12 %, 18 %) in the trial of MIKULSKI et al. (2012), which implied a high exposure of birds to glucosinolates from early development phases a moderate rearing intensity might have been beneficial for the metabolic health of the turkeys. However the total glucosinolate intake of the birds of the present study is higher (RSM-1: 28.72 mmol, RSM-2: 48.0 mmol, RSM-3: 66.6 mmol) compared to the one of MIKULSKI et al. (2012) (RSM 60: 14.9 mmol, RSM 120: 29.6 mmol, RSM 180: 45.2 mmol), which is a result of higher feed intake and glucosinolate amounts. In contrast, the birds of the current study were subjected to progressive increments of RSM which allowed a gradual adaptation to rising amounts of RSM and thus a high rearing and fattening intensity without severe problems of metabolic load.

In phase 1 statistically significant differences in weights were observed in favour of the animals without RSM in their single feeds. This development of weight is based on a tendentially lower feed intake in group RSM-3 in phase 1. According to TRIPATHI and

MISHRA (2007) glucosinolates are known to reduce feed intake and have a higher impact on young animals than on older ones. In a trial with broilers PETER und DÄNICKE (2003) also found that glucosinolates had a lowering effect on feed intake. An additional reason for the low weight of group RSM-3 (0.400 kg vs. 0.429 kg) in phase 1 might be the higher content of crude fiber in this feed mixture. It has been demonstrated previously (HULAN et al. 1980; PALANDER et al. 2004) that young turkeys in contrast to old turkeys have a low crude fiber digestibility. However, these differences disappeared in the ensuing phases. The previously mentioned lower feed intake in phase 5 of group RSM-3 resulted in lower weight gain in this phase ($p = 0.052$). However, the final weights showed no distinctions even with the application of 20 % RSM in the feed. This fact is in agreement with MIKULSKI et al. (2012) and the older result of SALMON (1970), who did not record any differences in weight compared the control group when big white turkeys were fed with 18 % and 20 % low glucosinolate RSM.

Statistical differences were found in drumstick weight, the lowest weight was presented by RSM-3. In contrast MIKULSKI et al. (2012) did not determine any differences in carcass composition. This fact could be explained by the RSM and glucosinolate contents in the diet of the current study being higher than that in the one mentioned above. In the study of HALLE (2012), who fed broiler chicks with 0 %, 10 % and 15 % RSM in the feed (glucosinolate: 5.41 $\mu\text{Mol/g}$), it was found that birds fed with 10 % RSM showed significant lighter breasts and drumsticks than their counterparts. Another reason for the lower drumstick weights of the group RSM-3 might have been the scarce supply of methionine in phase 6 for this group, resulting in the lowest methionine intake in this phase (2.38 g/d). Consequently it cannot be said with certainty whether it was the high RSM content of 20 % or the poor methionine supply in the diet during phase 6 that resulted in an effect on drumstick weight of group RSM-3. The slightly lower recordings in breast weights for this group are not statistically significant.

The control group showed the worst footpad health, which could be due to the high content of crude fibre in the diets of RSM groups, this contributed through the high fluid binding effect to increase the dry matter content of the faeces and consequently improved the litter condition (KÖLLN and KAMPHUES, 2013).

AHRENS (2002) reported that RSM is a vector for salmonellosis. The present study proved that even in turkeys with a high exposure to RSM, there was no salmonella found in the caeca.

PALANDER et al. (2004) detected increased heart and thyroid weights in male and female B.U.T.8 turkeys fed with 15 % RSM. Similar effects are reported in earlier literature (FENWICK and CURTIS, 1980) where a higher risk of liver hemorrhage with rising amounts of RSM which resulted in increased mortality was detected. Such effects were not confirmed by the current study.

Due to the fact that more than half of the birds from each feeding group showed a lymphocytic thyroiditis as a pathological finding, a judgment of the effect of RSM on the thyroid glands cannot be made.

Conclusions

The current study proves that:

- Increased RSM levels up to 15 % in the feed mixtures have no significant effects on final fattening weights. The live weights before slaughter as well as the carcass weights seem to be affected by the increasing content of crude fiber. Turkeys fed with up to 15 % RSM show the best live weights before slaughter as well as carcass weights. Reduced weight gain in the drumstick weights were detected from RSM contents of 20 %. Cumulative feed intake did not show any differences between feeding groups. The feed conversion ratio was not influenced even by high contents of RSM (20 %) in the feed mixtures.
- Contents up to 20 % RSM have no effect on health status (metabolism, foot-pad dermatitis) of the turkeys.
- Consequently a replacement of SBM with up to 15 % RSM (starting with 5 % RSM in phase2 and gradual increments of 5 % and glucosinolate contents of 7.69 $\mu\text{Mol/g}$) in the feed mixture for B.U.T. 6 fattening turkeys is possible.

Summary

A feeding trial was carried out to determine the effect of increasing levels of rapeseed meal (RSM) in diets for turkeys on growth performance, carcass yield and health (alterations: liver, heart and thyroid; foot-pad dermatitis) during a rearing period of 133 d (6 phases). A total of 360 B.U.T.6 male turkeys (1 d old) were randomly distributed in 4 groups (*control*: 0 %; *RSM-1*: 0 to 10 %; *RSM-2*: 0 to 15 %; *RSM-3*: 5 to 20 %) with 6 repetitions. The feed mixtures were isocaloric and isonitrogen in each phase. The glucosinolate content of RSM was 7.68 µMol/g. During the trial only few losses occurred (rearing periods: 3.61 %; fattening periods: 1.85 %). A feeding effect was not evident. The animals showed a high feed intake during the whole fattening period. Direct effects between the feeding groups were not observed. The achieved final weight was 22.2 kg at week 19 without differences between groups. However group RSM-3 showed lower carcass and drumstick weights than their counterparts. There were no differences in liver, heart and thyroid proportions displayed between the feeding groups. Foot-pad lesions were high in each feeding group and also present in every group. The current study proves that feeding of up to 15 % RSM with average glucosinolate contents (7.69 µMol/g) has no adverse effects on performance, carcass weight and yield, health status and pododermatitis of turkeys.

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit einer Gesamtdauer von 133 Tagen (6-Phasenmast) sollten unterschiedliche Mischungsanteile an Rapsextraktionsschrot (RES) im Alleinfutter für Puten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Mastleistung, den Schlachtkörperwert und die Gesundheit der Tiere im Vergleich zu einer Kontrollgruppe untersucht werden. Insgesamt wurden 360 männliche B.U.T.6 Mastputen (Eintagsküken) in 4 Gruppen mit je 6 Wiederholungen unterteilt (Kontrolle: 0 % RES, RES-1: 0 bis 10 % RES; RES-2: 0 bis 15 % RES; RES-3: 5 bis 20 % RES). Der Glucosinolatgehalt des verwendeten RES betrug 7,69 µMol/g.

Während des Versuches traten nur geringe Verluste auf (Aufzuchtphasen: 3,61 %, Mastphasen: 1,85 %). Ein Fütterungseffekt war hierbei nicht zu erkennen. Während der gesamten Mast zeigten die Puten eine hohe Futteraufnahme. Gerichtete Effekte konnten auch hier nicht beobachtet werden. Das erreichte Mastendgewicht lag zwischen 21,8 kg und 22,2 kg in der 19. Woche ohne signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen. Allerdings hatten die Tiere der Gruppe RES-3, verglichen mit den anderen Gruppen, geringere Schlachtkörper- und Keulengewichte. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen in den Leber-, Herz- und Schilddrüsenproportionen. Die am Ende der Mast ermittelte Fußballengesundheit (Pododermatitis) war insgesamt unbefriedigend. Zwischen den Fütterungsgruppen waren keine gerichteten Unterschiede zu beobachten.

Die vorliegende Studie belegt, dass eine Fütterung von bis zu 15 % RES (beginnend mit 5 % in Phase 2) mit durchschnittlichen Glucosinolatwerten (7,69 µMol/g) keine negativen Effekte auf die Mastleistung, den Schlachtkörperwert sowie den Gesundheitsstatus und das Pododermatitisgeschehen ausübt.

Acknowledgements

Our thanks to the UFOP (Union for the Promotion of Oil and Proteinplants) for the financial support of this project. Further we would like to thank the staff of TGD Bavaria e.V. for their excellent work. Parts of this work were financially supported by the Free State of Bavaria and the Bavarian Joint Founding Scheme for the Control and Eradication of contagious Livestock Diseases.

Literature

- AHRENS, A., 2002: Epidemiologische Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen bei sächsischen Mastschweinen mittels Fleischsaft - ELISA-Technik und bakteriologischer Untersuchungsmethodik nach der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG, Leipzig, Veterinary Faculty, Thesis.
- AVIAGEN TURKEYS, 2009: Feed Programmes For B.U.T. Commercial Turkeys-Key Points.
http://www.aviagenturkeys.com/media/25290/atl_commercial_nutrit_004d.pdf,
Download 1.04.2012
- AVIAGEN TURKEYS, 2009: B.U.T.6 Commercial Performance Goals, 6th Edition
http://www.aviagenturkeys.com/media/25230/but_6_commercial_performance_goals.pdf. Download 1.04.2012
- BERK, J., 2009: Effekte der Einstreuart auf Tiergesundheit und Tierleistungen bei Putenhennen. Praxis trifft Forschung 23-29.
- FENWICK, G. R., R. F. CURTIS, 1980: Rapeseed meal and its use in poultry diets. A review. Animal Feed Science and Technology **5**, (4), 255-298.
- GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (GfE), 2004: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastputen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- HALLE, I., 2012: Rapsextraktionsschrot in der Broilermast. Abschlussbericht für das UFOP-Nr. 524/121-unpublished.
- HULAN, H., F. PROUDFOOT, K. MCRAE, 1980: The nutritional value of tower and candle rapeseed meals for turkey broilers housed under different lighting conditions. Poultry Science **59**, (1), 100-109.
- ISO 9167-1, 1992: Rapeseed-Determination of glucosinolates content-, Part 1: Method using high -performance liquid chromatography (ISO 9167-1:1992(E))
- JEROCH, H., J. JANKOWSKI, F. SCHÖNE, 2008: Rapsfuttermittel in der Broiler-und Legehennenfütterung. Archiv für Geflügelkunde **72**, (2), 49-55.
- KÖLLN, M., KAMPHUES, J, 2013: Partial substitution of rapeseed meal in broiler diets for soybean meal: performance, composition of excreta/litter and footpad health, Proceedings of the 17th Congress of the ESCVN, Gent Belgium:

- MAWSON, R., R. HEANEY, Z. ZDUNCZYK, H. KOZLOWSKA, 1993: Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part II. Flavour and palatability. *Food/Nahrung* **37**, (4), 336-344.
- MIKULSKI, D., J. JANKOWSKI, Z. ZDUNCZYK, J. JUSKIEWICZ, B. SLOMINSKI, 2012: The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science* **91**, (1), 215-223.
- NAUMANN, C., R. BASSLER, 1976: VDLUFA-Methodenbuch. Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Loose leaflet collection with supplements from 1983, 1988, 1993, and 1997. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- PALANDER, S., M. NÄSI, I. ALA-FOSSI, 2004: Rapeseed and soybean products as protein sources for growing turkeys of different ages. *British poultry science* **45**, (5), 664-671.
- PETER, W., S. DÄNICKE, 2003: Untersuchungen zum Rapskucheneinsatz in der Fütterung langsam wachsender Label-Broiler. *Archiv für Geflügelkunde* **67**, (6), 253-260.
- ROTH-MAIER, D. A., M. KIRCHGEßNER, 1987: Zum Einsatz von 00-Rapsextraktionsschrot in der Broilermast. *Archiv für Geflügelkunde* **51**, (6), 241-246.
- SALMON, R., 1970: Rapeseed meals in diets for growing turkeys. *Canadian Journal of Animal Science* **50**, (1), 157-160.
- SCHUMANN, W., 2005: Untersuchungen zum Glucosinolatgehalt von in Deutschland erzeugten und verarbeiteten Rapssaaten und Rapsfuttermitteln. *UFOP-Schriften Heft* **27**, 1-69.
- SPIEKERS, H., K. SÜDEKUM, T. ENGELHARD, K. MAHLKOW-NERGE, M. PRIES, 2012: Einsatz von Rapsextraktionsschrot in der Milchkuhfütterung. *UFOP-Praxisinformation*. Aktualisierte Auflage
- SPSS, VERSION 20.0, 2011: IBM, New York, USA.
- TRIPATHI, M. K., A. S. MISHRA, 2007: Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* **132**, (1-2), 1-27.
- WEBER, M., U. SCHULZE, 2012: Ergebnisse des UFOP-Monitorings 2012 zur Qualität von Rapsextraktionsschrot. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung* 55-57.

WEIB, J., G. QUANZ, F. SCHÖNE, 2004: Einfluss steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in Futtermischungen für Mastschweine auf Mastleistung, Schlachtkörperqualität sowie Thiocyanat-Jod und Schilddrüsenhormonstatus. Tagung Schweine-und Geflügelernährung, Halle (Saale) 188-190.

WPSA, 1984: Working Group No.2 - Nutrition: The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds. W.Poult.Sci.J. **40**, 181-182.

WÜRZNER, H., W. WETSCHEREK, F. LETTNER, 1989: Rapeseed meal in rations for broiler chickens. Archiv für Geflügelkunde **53**,

Correspondence: Petra Plesch, University of Applied Sciences, Weihenstephan-Triesdorf, Faculty of Agricultural and Food Industries, Am Hofgarten 1, 85354 Freising, Germany; petra.plesch@hswt.de;

Table 1: Design of the experiment, levels (%) of rapeseed-meal in compound's feed of male B.U.T.6 fattening turkeys

Versuchsanordnung, Mischungsanteile (%) an Rapsextraktionsschrot im Alleinfutter von männlichen B.U.T.6 Mastputen

		Feeding Phase					
Group		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
		(14 days)	(21 days)	(27 days)	(27 days)	(24 days)	(20 days)
Control	%	0	0	0	0	0	0
RSM-1	%	0	0	5.00	5.00	10.0	10.0
RSM-2	%	0	5.00	10.0	10.0	15.0	15.0
RSM-3	%	5.00	10.0	15.0	15.0	20.0	20.0

Table 2a): Composition of complete feed mixtures (g/kg) for the rearing period (P1-P2) of a feeding trial with male B.U.T.6 fattening turkeys

Zusammensetzung der Alleinfuttermischungen (g/kg) der Aufzuchtphasen (P1-P2) des Fütterungsversuches mit männlichen B.U.T. 6 Mastputen

Item		Phases and feed mixtures				
		P-1		P-2		
		(14d)		(21d)		
		C	5%	C	5%	10%
Soybeanmeal (HP)	g/kg	350	320	300	270	240
Rapeseedmeal(RSM)	g/kg	0	50.0	0	50.0	100
Winter wheat (dissolved)	g/kg	181	148	144	131	126
Winter wheat	g/kg	130	120	150	140	120
Grainmaize	g/kg	260	280	330	330	330
Aminoacidpremix	g/kg	25.0	25.0	22.0	22.0	22.0
Mineral mix ¹⁾	g/kg	35.0	35.0	33.0	33.0	33.0
Monocalcium phosphate	g/kg	19.0	18.0	21.0	20.0	19.0
Supplemented amino acids						
Lysine	g/kg	7.10	7.10	6.00	6.00	6.00
Methionine	g/kg	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
Tryptophane	g/kg	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
Threonine	g/kg	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Arginine	g/kg	4.00	4.00	3.50	3.50	3.50

¹⁾P-1+P-2:Ca 210 g; P 70 g; Na 40 g; Mg 25 g; Cl 50 g; Zn 1800 mg; Mn 2900mg; Cu 400 mg; Co 12 mg; J 50 mg; Se 5 mg; Vit A 420000 IE; Vit D 145000 IE; Vit E 3000 mg; Vit K 130 mg; Vit B1 100 mg; Vit B2 210 mg; Vit B6 190 mg; Vit B12 700 µg; nicotinicacid 1800 mg; pantothenicacid 725 mg; folicacid 100 mg; biotin 8500 µg;

Table 2b): Composition of feed mixtures (g/kg) for the fattening period (P3-P6) of a feeding trial with male B.U.T.6 fattening turkeys

Zusammensetzung der Alleinfuttermischungen (g/kg) der Mastphasen (P3-P6) für den Fütterungsversuch mit männlichen B.U.T.6 Mastputen

Item		Phases and feed mixtures															
		P-3				P-4				P-5				P-6			
		(27d)				(27d)				(24d)				(20d)			
		C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%	C	10%	15%	20%	C	10%	15%	20%
Soybeanmeal (HP)	g/kg	270	250	220	190	260	230	200	170	250	200	160	140	220	160	130	100
Rapeseedmeal (RSM)	g/kg	0	500	100	150	0	500	100	150	0	100	150	200	0	100	150	200
Winter wheat	g/kg	253	214	191	166	266	24	214	188	293	231	218	182	377	325	297	273
Grainmaize	g/kg	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	350	350	350	350
Rapeoil	g/kg	7.00	18.0	21.0	27.0	18.0	25.0	31.0	38.0	22.0	35.0	40.0	47.0	25.0	38.0	46.0	52.0
Aminoacidpremix	g/kg	17.0	17.0	17.0	17.0	13.0	13.0	13.0	13.0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineral mix ¹⁾	g/kg	33.0	33.0	33.0	33.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	32.0	31.0	28.0	27.0	27.0	25.0
Monocalciumphosphate	g/kg	20.0	18.0	18.0	17.0	12.0	11.0	11.0	10.0	4.00	3.00	0	0	0	0	0	0
Supplemented amino acids																	
Lysine	g/kg	4.50	4.50	4.50	4.50	3.50	3.50	3.50	3.50	0.775	0.775	0.800	0.775	0.700	0.675	0.675	0.625
Methionine	g/kg	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	1.55	1.55	1.60	1.55	1.40	1.35	1.35	1.25
Threonine	g/kg	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Arginine	g/kg	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾P-3+P-4:Ca 190g; P 45g; Na 40g; Mg 25g; Cl 50g;Zn 1000mg; Mn 2700mg; Cu 450mg; Co15mg; J 60mg; Se 4mg;Vit A 330000 IE; Vit D 92000 IE; Vit E 2500mg; Vit K 100mg; Vit B1 25mg; Vit B2 170mg; Vit B6 120 mg; Vit B12 650µg; Nikotinsäure 1250mg; Pantothenensäure 450mg; Folsäure 70mg; Biotin 9300µg;

P-5+P-6:Ca 220g; P 40g; Na 50g; Mg 25g; Cl 50g; Zn 1000mg; Mn 2900mg; Cu 500mg; Co10mg; J 60mg; Se 4mg; Vit A 270000 IE; Vit D 67000 IE; VitE 1600 mg; Vit K 100 mg; Vit B1 8 mg; Vit B2 170 mg; Vit B6 80 mg; Vit B12 700 µg; nicotinicacid 1100 mg; pantothenicacid 400 mg; folicacid 70 mg; biotin 6500 µg;

Table 3a): Analyzed Nutrients composition of rapeseed meal (RSM) and feed mixtures for the rearing periods (P1-P2) of the feeding trial with male B.U.T. 6 fattening turkeys

Inhaltsstoffe und ME Gehalte des Rapsextraktionsschrotes, sowie der Alleinfuttermittel in den Aufzuchtphasen (P1-P2) des Fütterungsversuches mit männlichen B.U.T.6 Puten

Item		Phases and feed mixtures					
		RSM	P - 1 (14d)		P- 2 (21d)		
			C	5%	C	5%	10%
Dry matter	g/kg	880	901	913	909	901	914
Crude fat	g/kg	30.0	32.0	37.0	33.0	38.0	44.0
Crude fibre	g/kg	125	22.0	25.0	21.0	26.0	30.0
NfE	g/kg	326	518	527	557	539	542
Starch	g/kg	30.0	349	353	405	391	377
Sugar	g/kg	86.0	56.0	55.0	45.0	46.0	49.0
Crudeprotein	g/kg	334	253	252	224	224	224
Lysine	g/kg	18.5	19.8	19.5	17.2	16.7	16.7
Methionine	g/kg	6.50	6.80	6.90	6.40	6.50	6.60
Cysteine	g/kg	8.40	3.90	4.00	3.80	4.00	4.00
Threonine	g/kg	15.4	11.6	11.2	10.3	10.8	10.5
Tryptophane	g/kg	4.00	2.90	3.00	2.60	2.80	2.80
Crude ash	g/kg	65.0	77.0	73.0	74.0	74.0	74.0
Calcium	g/kg	6.10	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0
Phosphorus	g/kg	10.5	10.0	9.80	9.80	9.90	9.70
Sodium	g/kg	0.130	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60
AME	MJ/kg	7.83	11.6	11.8	12.0	11.9	11.9
Lysine/AME	g/MJ	2.36	1.71	1.65	1.44	1.40	1.40
Methionine/AME	g/MJ	0.830	0.587	0.585	0.536	0.546	0.554

AME=apparent metabolizable energy (WPSA 1984);

RSM-1: P1:C; P2:C;

RSM-2: P1:C; P2:5%;

RSM-3:P1:5%; P2:10%;

Table 3b): Analyzed Nutrients composition of feed mixtures for the fattening periods (P3-P6) of feeding trial with male B.U.T.6 fattening turkeys

Inhaltsstoffe und ME Gehalte der Alleinfuttermittel in den Mastphasen (P3-P6) des Fütterungsversuches mit männlichen B.U.T.6 Puten

Item		Phases and feed mixtures															
		P - 3 (27d)				P- 4 (27d)				P- 5 (24d)				P- 6 (20d)			
		C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%	C	10%	15%	20%	C	10%	15%	20%
Dry matter	g/kg	893	898	901	899	892	885	893	888	878	882	890	894	867	869	876	870
Crudefat	g/kg	40.0	52.0	58.0	62.0	45.0	51.0	59.0	70.0	52.0	65.0	71.0	69.0	54.0	66.0	76.0	83.0
Crudefibre	g/kg	21.0	23.0	26.0	37.0	31.0	50.0	45.0	49.0	41.0	48.0	52.0	56.0	39.0	55.0	58.0	65.0
NfE	g/kg	557	540	535	516	554	528	528	510	543	520	526	515	541	517	509	491
Starch	g/kg	419	394	376	364	426	412	405	389	429	405	395	379	443	418	397	392
Sugar	g/kg	40.0	38.0	41.0	39.0	43.0	40.0	42.0	43.0	38.0	40.0	41.0	46.0	36.0	38.0	37.0	35.0
Crudeprotein	g/kg	204	210	210	210	197	193	197	196	189	195	187	200	189	185	187	183
Lysine	g/kg	13.8	14.1	14.6	15.0	13.5	13.4	13.1	13.3	10.5	10.6	10.0	10.9	10.3	10.3	9.90	9.40
Methionine	g/kg	6.00	5.90	6.30	6.10	5.20	5.40	5.60	5.50	4.20	3.90	3.70	4.30	3.90	4.30	3.90	3.60
Cysteine	g/kg	3.50	3.80	3.80	4.00	3.80	3.70	3.90	4.10	3.60	3.90	3.90	4.30	3.80	4.10	3.80	4.30
Threonine	g/kg	8.70	9.10	9.10	9.10	7.90	8.10	8.40	8.40	7.10	7.40	7.10	7.60	6.70	7.20	6.90	6.90
Tryptophane	g/kg	2.30	2.30	2.30	2.30	2.10	2.10	2.20	2.10	2.10	2.20	2.10	2.20	2.10	2.00	2.00	2.00
Crude ash	g/kg	70.0	73.0	72.0	75.0	65.0	64.0	64.0	64.0	52.0	54.0	54.0	54.0	45.0	46.0	47.0	48.0
Calcium	g/kg	12.0	14.0	13.0	14.0	12.0	12.0	11.0	11.0	10.0	10.0	10.0	9.80	8.40	7.60	8.40	8.40
Phosphorus	g/kg	8.60	8.90	9.50	9.00	8.20	8.00	8.10	8.00	6.10	6.70	6.50	6.60	5.30	5.90	6.20	6.60
Sodium	g/kg	1.40	1.60	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	2.00	1.80	2.10	1.90	1.70	1.60	1.60	1.60
AME	MJ/kg	12.0	12.1	12.1	12.0	12.3	12.1	12.4	12.5	12.4	12.5	12.5	12.4	12.6	12.6	12.6	12.7
Lysine/AME	g/MJ	1.15	1.16	1.21	1.25	1.10	1.10	1.06	1.06	0.849	0.846	0.802	0.880	0.814	0.817	0.785	0.741
Methionine/AME	g/MJ	0.498	0.487	0.523	0.510	0.424	0.445	0.452	0.440	0.340	0.311	0.297	0.347	0.308	0.341	0.309	0.284

AME= apparent metabolizable energy (WPSA 1984); RSM=rape seed meal; RSM-1: P1:C; P2:C; P3:5%; P4:5%; P5:10%; P6:10%; RSM-2: P1:C; P2:5%;RSM-3:P1:5%; P2:10%; P3:10%; P4:10%; P5:15%; P6:15%; RSM-3: P1:5%; P2:10%; P3:15%; P4:15%; P5:20%; P6:20%;

Table 4: Average daily feed intake (g/bird/d) of male B.U.T. 6 fattening turkeys when fed a complete feed diet with different levels of rapeseed meal (LS-Means and SEM)

Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (g/Tier/d) von männlichen B.U.T. 6 Mastputen bei Fütterung eines Alleinfutters mit unterschiedlichen Anteilen an Rapsextraktionsschrot (RES) (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Item			Feeding Groups					SEM
			Control	RSM-1	RSM-2	RSM-3	p ¹⁾	
Feed intake P-1	(14d)	g/d	35.4	35.6	36.5	31.9	0.164	± 1.49
Feed intake P-2	(21d)	g/d	113	111	116	111	0.494	± 2.58
Feed intake P-3	(27d)	g/d	273	264	280	272	0.278	± 5.73
Feed intake P-4	(27d)	g/d	500	501	511	524	0.274	± 9.55
Feed intake P-5	(24d)	g/d	681 ^a	633 ^b	669 ^{ab}	635 ^b	0.029	± 12.4
Feed intake P-6	(20d)	g/d	705 ^a	707 ^a	647 ^b	660 ^{ab}	0.018	± 15.0
Feed intake P-1 to P-6	(133d)	g/d	410	399	403	398	0.470	± 5.47

¹⁾probability of error

RSM-1: P1: C; P2: C; P3: 5%; P4: 5%; P5: 10%; P6: 10%;

RSM-2: P1: C; P2: 5%; P3: 10%; P4: 10%; P5: 15%; P6: 15%;

RSM-3: P1: 5%; P2: 10%; P3: 15%; P4: 15%; P5: 20%; P6: 20%;

Table 5: Body mass and daily weight gain of male B.U.T.6 fattening turkeys when fed a diet with different rapeseed meal levels (LS-Means and SEM)

Gewichtsentwicklung und Tageszunahmen von männlichen B.U.T. 6 Mastputen bei Fütterung unterschiedlicher Anteile an Rapsextraktionsschrot (RES) (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Item		Feeding Groups								p ¹⁾
		Control		RSM-1		RSM-2		RSM-3		
			SEM		SEM		SEM		SEM	
Initial body weight	g	60.6	± 0.307	60.6	± 0.307	60.7	± 0.307	60.7	± 0.307	0.998
Body weight P-1	kg	0.429 ^a	± 0.054	0.427 ^a	± 0.055	0.429 ^a	± 0.054	0.400 ^b	± 0.055	< 0.001
Body weight P-2 ²⁾	kg	2.05	± 0.029	2.03	± 0.029	2.06	± 0.029	2.01	± 0.029	0.633
Body weight P-2 ³⁾	kg	2.05	±0.021	2.04	±0.021	2.06	±0.021	2.02	±0.021	0.619
Body weight P-3	kg	6.73	± 0.063	6.62	± 0.063	6.71	± 0.063	6.62	± 0.063	0.468
Body weight P-4	kg	12.1	± 0.108	12.3	± 0.107	12.3	± 0.108	12.4	± 0.110	0.226
Body weight P-5	kg	17.6	± 0.140	17.5	± 0.144	17.9	± 0.143	17.4	± 0.143	0.052
Body weight P-6	kg	22.2	± 0.182	22.2	± 0.190	22.2	± 0.184	21.8	± 0.184	0.198
Daily weight gains P-1	g/d	26.3	± 0.637	26.2	± 0.637	26.3	± 0.637	24.2	± 0.637	0.086
Daily weight gains P-2	g/d	77.1	± 1.22	76.2	± 1.22	77.4	± 1.22	76.5	± 1.22	0.880
Daily weight gains P-3	g/d	173	± 2.52	170	± 2.52	172	± 2.52	171	± 2.52	0.796
Daily weight gains P-4	g/d	199 ^b	± 3.39	209 ^{ab}	± 3.39	209 ^{ab}	± 3.39	214 ^a	± 3.39	0.025
Daily weight gains P-5	g/d	229 ^a	± 4.11	217 ^{ab}	± 4.11	232 ^a	± 4.11	208 ^b	± 4.11	< 0.001
Daily weight gains P-6	g/d	221	± 6.92	223	± 6.92	207	± 6.92	208	± 6.92	0.093
Daily weight gains P-1 to P-6	g/d	166	±0.002	166	±0.002	166	±0.002	163	±0.002	0.356

¹⁾probability of error

²⁾before selection

³⁾after selection

RSM-1: P1:C; P2:C; P3:5%; P4:5%; P5:10%; P6:10%; RSM-2: P1:C; P2:5%; RSM-3: P1:5%; P2:10%; P3:10%; P4:10%; P5:15%; P6:15%;
RSM-3: P1:5%; P2:10%; P3:15%; P4:15%; P5:20%; P6:20%;

Table 6: Average feed conversion rate (FCR) (kg/kg) of male B.U.T.6 fattening turkeys when fed a diet with different levels of rapeseed meal (LS-Means and SEM)

Durchschnittlicher Futteraufwand (kg/kg) pro kg Zuwachs von männlichen B.U.T. 6 Mastputen bei Fütterung unterschiedlicher Anteile an Rapsextraktionsschrot (RES) (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Item	Feeding Groups				p ¹⁾	SEM
	Control	RSM-1	RSM-2	RSM-3		
FCR P-1	kg/kg 1.35	1.36	1.39	1.31	0.648	0.043
FCRP-2	kg/kg 1.47	1.46	1.50	1.45	0.223	0.015
FCRP-3	kg/kg 1.58	1.55	1.62	1.60	0.216	0.024
FCRP-4	kg/kg 2.52	2.40	2.44	2.44	0.259	0.043
FCRP-5	kg/kg 2.97	2.92	2.89	3.05	0.184	0.066
FCRP-6	kg/kg 3.20	3.17	3.14	3.18	0.866	0.082
FCRP-1 to P-6	kg/kg 2.47	2.42	2.42	2.45	0.434	0.026

¹⁾probability of error

RSM-1: P1: C; P2: C; P3: 5%; P4: 5%; P5: 10%; P6: 10%;

RSM-2: P1: C; P2: 5%; P3: 10%; P4: 10%; P5:15%; P6: 15%;

RSM-3: P1: 5%; P2: 10%; P3: 15%; P4: 15%; P5: 20%; P6: 20%;

Table 7: Carcass weight and section portions of male B.U.T. 6 turkeys when fed different levels of rapeseed meal (LS-Means and SEM)

Schlachtkörpergewicht und Teilstückanteile des Schlachtkörpers von männlichen B.U.T. 6 Mastputen bei Fütterung unterschiedlicher Anteile an Rapsextraktionsschrot (RES) (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Item	Feeding Groups						SEM
		Control	RSM-1	RSM-2	RSM-3	p ¹⁾	
Live weight before slaughter	kg	21.6 ^{ab}	21.3 ^{ab}	21.8 ^a	21.1 ^b	0.031	±0.165
Carcass weight	kg	18.1 ^{ab}	18.1 ^{ab}	18.3 ^a	17.7 ^b	0.050	±0.162
Carcass yield	%	84.0	84.6	84.1	84.0	0.348	±0.264
Breast weight	kg	6.80	6.65	6.73	6.55	0.603	±0.133
Drumstick weight	kg	5.10 ^a	5.10 ^a	5.12 ^a	4.84 ^b	0.033	±0.074
Wing weight	kg	1.78	1.73	1.78	1.78	0.571	±0.027

¹⁾probability of error

RSM-1: P1: C; P2: C; P3: 5%; P4: 5%; P5: 10%; P6: 10%;

RSM-2: P1: C; P2: 5%; P3: 10%; P4: 10%; P5: 15%; P6: 15%;

RSM-3: P1: 5%; P2: 10%; P3: 15%; P4: 15%; P5: 20%; P6: 20%

Table 8: Heart, liver and thyroid proportions of male B.U.T.6 fattening turkeys when fed different levels of rapeseed meal (LS-Means and SEM)

Herz-, Leber- und Schilddrüsenproportionen von männlichen B.U.T.6 Mastputen bei Fütterung unterschiedlicher Anteile an Rapsextraktionsschrot (RES) (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

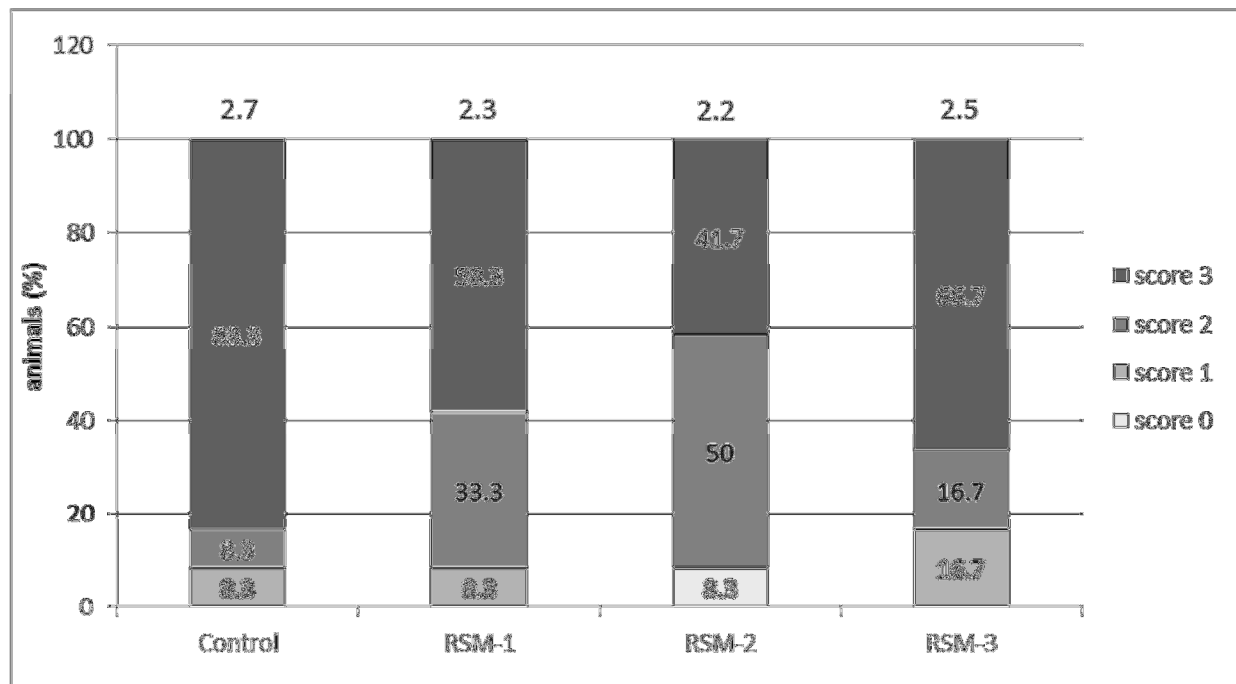
Item		Feeding Groups				p ¹⁾	SEM
		Control	RSM-1	RSM-2	RSM-3		
Heart	%	0.434	0.412	0.465	0.426	0.063	± 0.014
Liver	%	0.863	0.836	0.831	0.829	0.850	± 0.030
Thyroid gland	%	0.002	0.002	0.003	0.003	0.080	± 0.0002

¹⁾probability of error

RSM-1: P1: C; P2: C; P3: 5%; P4: 5%; P5: 10%; P6: 10%;

RSM-2: P1: C; P2: 5%; P3: 10%; P4: 10%; P5: 15%; P6: 15%;

RSM-3: P1: 5%; P2: 10%; P3: 15%; P4: 15%; P5: 20%; P6: 20%;



¹⁾According to Berk, 2009: 0 = no visible lesions, 1= hyperkeratosis, 2 = superficial pododermatitis, 3 = profound pododermatitis

RSM-1: P1: C; P2: C; P3: 5%; P4: 5%; P5: 10%; P6: 10%;

RSM-2: P1: C; P2: 5%; P3: 10%; P4: 10%; P5: 15%; P6: 15%;

RSM-3: P1: 5%; P2: 10%; P3: 15%; P4: 15%; P5: 20%; P6: 20%;

Figure 1: Frequency of different scores of footpad lesions of male B.U.T. 6 fattening turkeys and LS-means of different scores for the feeding groups. LS-means did not show any statistical difference ($p = 0.245$; S.E. = 0.203)

Häufigkeit und Scoring der Pododermatitis Erkrankungen männlicher B.U.T. 6 Mastputen und Mittelwerte der verschiedenen scores der Fütterungsgruppen. Die Mittelwerte der Scores zeigen keine signifikanten Unterschiede ($p = 0.245$; S.E. = 0.203).

3.2 Befund einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei männlichen B.U.T.6

Mastputen

Das folgende Manuskript „Accidental finding of Hashimoto-like thyroiditis of male B.U.T.6 turkeys at slaughter” wurde am 1. November 2013 von der Schriftleitung der Zeitschrift „Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (JAPAN)“ zur Veröffentlichung angenommen.

The following manuscript entitled „Accidental finding of Hashimoto-like thyroiditis of male B.U.T.6 turkeys at slaughter” has been accepted for publication in the Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (JAPAN) on November 1st, 2013.

Submitted May 22nd, 2013; Revised August 15th, 2013; Accepted November 5th, 2013.

Article published in: Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Copyright © 2013, Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Wiley - Blackwell.

Accidental finding of Hashimoto-like thyroiditis of male B.U.T.6 turkeys at slaughter

P. Plesch^{2a}, B. Schade^{2a}, A. Breithaupt³, G. Bellof¹, E. Kienzle⁴

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

² Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., Pathologie, Poing-Grub

³ Institut für Tierpathologie, Freie Universität Berlin

⁴ Ludwig Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik,

Oberschleißheim

Keywords: Auto-immune thyreoiditis, turkeys

^aThese authors contributed equally

Introduction

The present finding was observed in the context of a study on the tolerance of rape seed meal (RSM) in B.U.T. 6 turkeys. As it was already shown in previous studies by MIKULSKI et al. (2012) increasing levels of RSM (10-180 g/kg in single feed mixtures) caused a decrease in free triiodothyronine (fT3) in fattening male B.U.T. 6 turkeys. TREFNY et al. (1990) found increased thyroid weights and a decline in fT3 as well as in thyroxin levels when adding RSM to turkey diets. Therefor the thyroids of turkeys in the present study were examined to detect any potential thyreostatic effects of RSM in comparison to control groups eating a diet without rape seed.

Materials and Methods

420 day old male B.U.T.6 turkey chicks were reared in the poultry facility of the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf in Zurnhausen. The turkeys were separated in four groups (Control, RSM-1, RSM-2, RSM-3) with 6 replicates each (90 turkeys per group). Duration of fattening lasted 133 days and was separated into 6 phases. Soybean meal (SBM) got partially replaced by rising amounts of 5 % RSM (0 % to 10 % in group RSM-1, 0 % to 15 % in group RSM-2, and 5 % to 20 % in group RSM-3) (Table 1). The average RSM intake reached 67.4 g/d/animal in group RSM-1, 80.4 g/d/animal in group RSM-2 and 112 g/d/animal in group RSM-3. There was no RSM fed to the control group. The feed mixtures used in these groups did not comprise coccidiostats. Therefore, a second standard group was kept (the commercial standard group=CS) with four replicates (60 turkeys), which received common industry feedstuff containing coccidiostats (Monensin-Sodium) from phase 1 to 4 and rapeseed meal in low doses from phase 3-6. Samples were taken from 12 animals of each group except CS (8 animals).

The glucosinolate values of the 00-RSM used in this feeding trial amounted to 7.69 $\mu\text{mol/g}$.

Mineral nutrient supply referred to recommendations of AVIAGEN TURKEYS (2009a, b). To achieve the given references, minerals had to be supplemented through mineral feed mixtures. The total contents of iodine and selenium in complete feed mixtures amounted to 2.0 mg/kg (iodine) and to 0.2 mg/kg (selenium) throughout all phases. Health status and mortality were monitored daily. Causes of losses were not investigated systematically. Breast buttons and blisters were not recorded. Foot pad dermatitis scores were determined according to a scoring system of BERK (2009).

Thyroids were dissected after slaughter. Postmortem tissue samples were fixed in 10 % neutral buffered formalin overnight and processed routinely. For technical reasons there was a considerable delay between dissection and fixation. Four-micrometer tissue sections were stained with haematoxylin and eosin for light microscopy. Thyroid sections were examined and given an estimated score of severity of lymphocytic thyroiditis: 0 = no microscopic lesion; 1 = small scattered foci of lymphocytic thyroiditis; 2 = mild lymphocytic thyroiditis; 3 = moderate lymphocytic thyroiditis; 4 = severe, coalescing to diffuse lymphocytic thyroiditis (Figure 1). Exemplarily, the thyroid glands of twelve animals (three of scores 1 to 4, respectively) were investigated immunohistochemically to characterize the infiltrating lymphocytes. Immunohistochemical detection of CD3 (pan-T cell marker) and Pax-5 (pro-,

pre-, and mature B cell marker) was performed as earlier described (OLIAS et al., 2013). Both antibodies have been tested on spleen, thymus and bursa cell populations for cross-reactivity with turkey T- and B-cells, respectively. All slides were counterstained with Mayer's haematoxylin. Negative controls were incubated with irrelevant commercial mouse or rabbit immunoglobulins (BioGenex, Fremont, CA, USA) instead of primary antibodies listed above.

The collected individual animal data were evaluated statistically using the SPSS V. 20 (2011) program according to the "General Linear Model" (GLM). The linear model was used for the factor RSM in single feed. Deviations were examined using the Tukey Test and Chi-square Test.

Results

The turkeys showed a mean weight gain of 166 g/d and a total average weight at the end of fattening of 22.2 kg, except for the group RSM-3 with 20 % RSM (weight gain 163 g/d, total weight 21.8 kg) and the CS group (22.9 kg), which received coccidiostats. Growth, feed intake and conversion ranged in all groups above the average recommendations (AVIAGEN TURKEYS 2009a, b). Losses amounted to 3.6 % during the rearing period and 1.85 % during the fattening period. In at least one case aortic rupture was the cause. Foot pad disease was observed in the majority of animals with more than 50 % showing the highest score. Breast buttons and blisters were frequently observed. Mild to moderate autolysis was present in the histological examination of thyroids. In all groups there was a high incidence of lymphocytic infiltration and thyroiditis (Figure 1, table 2). The lesions ranged from single foci to nearly diffuse lymphocytic infiltration. Altogether 14 % of examined thyroids showed a moderate to severe lymphocytic thyroiditis (Table 2). There was no systematic effect of feeding group, even though there were no lesions with score 2 in group CS, an effect which was significant. Histologically, in thyroids with lesions of score 3 and 4, there seem to be numerous germinal centers. Immunohistochemistry identified an inflammatory infiltrate characterized by predominantly T cell (approximately 30 % of mononuclear inflammatory cells, CD3 labeling) admixed with scattered B cells (up to 1 %, PAX-5 labeling) in all animals tested, independent of the lesion score. Occasionally, accumulations of PAX-5 labeled cells were identified, indicating germinal center development (Figure 1 B and C).

Discussion

The findings of the present study suggest that B.U.T.6 turkeys show alterations of the thyroid gland which are independent of feeding rape seed meal. The severe forms of thyroiditis (scores 3 and 4) seen here seem to resemble Hashimoto's disease in humans (WEETMAN, 2008) which is a common autoimmune disease (humans, non-human primates, dogs, Buffalo rats, Obese (OS) strain of chickens). It is characterized by the production of autoantibodies against thyroid peroxidase (TPO) and thyroglobulin (Tg) and by lymphocytic thyroiditis, often leading to the development of hypothyroidism. The OS of chickens is model for human Hashimoto thyroiditis WICK et al. (1974), demonstrating the occurrence of such a disease in poultry (WICK et al., 1974; 2006). Histologically, the thyroiditis seen in our turkeys resembles the autoimmune thyroiditis of the OS of chickens, characterized by a predominantly T cell inflammatory infiltration (Figure 1 A). The formation of typical germinal centers (mainly proliferating B cells) within the inflammatory infiltrate could be confirmed by PAX-5 labeling of B cells in few cases (Figure 1 B and C). Since the thyroid glands showed mild to moderate autolytic changes, antigen labeling might be suboptimal, thus, interpretations should be done with caution. Effects of these alterations on thyroid function in turkeys are unknown. Blood samples were not taken because this finding was not expected. Given the high productivity and growth intensity of the turkeys a severe hypothyreosis is unlikely. A mild hypothyreosis, however, might increase feed conversion because the maintenance requirements may be reduced due to lower metabolic rate and/or lower activity. This was already demonstrated when thiouracil was used as a growth enhancer in the last century (SCHOFER, 1950). However, overdosage yielded in clinical hypothyreosis and reduced benefits. Generalized muscular hypertrophy has been reported in human patients with Hashimoto's disease (WEETMAN, 2008). We hypothesize that the selection for intensive meat growth in turkeys may have led unintentionally to a selection of animals with a disposition towards a mild Hashimoto-like hypothyreosis. This hypothesis would explain the increased disposition of such turkeys towards diseases also seen in context with thyroid dysfunction such as skin diseases (foot pad disease?), and cardiovascular problems (cardiomegalia, aortic rupture). There are many other facts known to enhance foot pad dermatitis like wet litter due to dietary effects of high potassium and oligosaccharide levels (YOUSSEF et al, 2011). But as there is also evidence of early histopathological changes (hydropic degeneration, acanthosis, increase in blood vessels in the dermis) of foot pad dermis in one week old big white fattening turkey toms (MAYNE et al., 2006) a genetical component cannot be excluded. Given the severity of the problem in practice it is highly likely that both genetic and environmental

factors are involved. Obviously future studies need to investigate potential alterations of thyroid function in these turkeys.

Summary

In the context of a study on the tolerance of rape seed meal in B.U.T. 6 turkeys thyroid glands were histologically and immunohistochemically examined because of potential thyreostatic effects. In all groups including the controls with no rape seed meal in their food there was a high incidence of lymphocytic infiltration and thyroiditis (14 % of thyroids with moderate to severe lymphocytic thyroiditis). 30 % of mononuclear inflammatory cells were immunohistochemically identified as T cells. There were occasional accumulations of PAX-5 labeled cells, indicating germinal center development. These lesions resemble Hashimoto's disease in humans. The effect on thyroid function is unknown. Mild hypothyreosis might enhance productivity but also explain dispositions towards diseases seen in context with thyroid dysfunction such as skin diseases (foot pad disease?) and cardiovascular problems. Further studies on thyroid function in these turkeys are needed.

Acknowledgments

We thank Astrid Nagel, Birgit Isele-Rüegg and Angela Linke for excellent technical assistance. This work was financially supported by the UFOP (Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen), the Free State of Bavaria and the Bavarian Joint Founding Scheme for the Control and Eradication of contagious Lifestock Diseases.

References

AVIAGEN TURKEYS, 2009a: Feed Programmes For B.U.T. Commercial Turkeys-Key Points.

http://www.aviagenturkeys.com/media/25290/atl_commercial_nutrit_004d.pdf,

Download 10.04.2012

AVIAGEN TURKEYS, 2009b: B.U.T.6 Commercial Performance Goals, 6th Edition

http://www.aviagenturkeys.com/media/25230/but_6_commercial_performance_goals

pdf. Download 10.04.2012

BERK, J., 2009: Effekte der Einstreuart auf Tiergesundheit und Tierleistungen bei

Putenhennen. Praxis trifft Forschung, 332, 23-29.

OLIAS, P., A. MEYER, R. KLOPFLEISCH, M. LIERZ, B. KASPERS, A.D. GRUBER, 2013:

Modulation of the host Th1 immune response in pigeon protozoal encephalitis caused by *Sarcocystis calchasi*. Vet. Res. 11 , 44(1), 10.

MAYNE, R. K., P.M. HOCKING, R.W. ELSE, 2006: Foot pad dermatitis develops at an early age in commercial turkeys. British Poultry Science 47, (1), 36-42.

MIKULSKI, D., J. JANKOWSKI, Z. ZDUNCZYK, J. JUSKIEWICZ, B. SLOMINSKI, 2012: The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. Poultry Science 91, (1), 215-223.

SCHOFER, S., 1950: Zur Anwendung von 4-Methyl-2-Thiouracil bei der Schweinemast,

Deutsche tierärztliche Wochenschrift 57, 158-160

SPSS, VERSION 20.0 , 2011: IBM, New York, USA.

TREFNY, D., Z. SOVA, S. PETKOV, H. VODICKOVA, L. FUKAL, J. HOLOUBEK, 1990: Possibility to influence the strumigenic action of rapeseed meal by the addition of indine and zinc to diets given to fattened chickens and turkey poults. Biologizace a chemizace zivocisne vyroby. Veterinaria 26, (4-5), 293-302.

WEETMAN, A.P., 2008: Autoimmune Diseases in Endocrinology, Humana Press, Totowa, New Jersey, USA.

WICK, G., R. S. SUNDICK, B. ALBINI, 1974: The Obese strain (OS) of chickens: An animal model with spontaneous autoimmune thyroiditis. *Clinical Immunology and Immunopathology* 3 (2), 272-300.

WICK, G., L. ANDERSSON, K. HALA, M.E. GERSHWIN, C.F. SELMI, G.F. ERF, S.J. LAMONT, R. SGONC, 2006: Avian models with spontaneous autoimmune diseases. *Advances in immunology* 92, 71-117.

YOUSSEF, I.M., A. BEINEKE, K. ROHN, J. KAMPHUES, 2011: Effects of high dietary levels of soybean meal and its constituents (potassium, oligosaccharides) on foot pad dermatitis in growing turkeys housed on dry and wet litter. *Archives of Animal Nutrition* 65, (2), 148-162

Table 1.: Experimental Design

		Feeding Phase					
Group		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
		(14 d)	(21 d)	(27 d)	(27 d)	(24 d)	(20 d)
Control ¹⁾	%	0	0	0	0	0	0
RSM-1 ¹⁾	%	0	0	5	5	10	10
RSM-2 ¹⁾	%	0	5	10	10	15	15
RSM-3 ¹⁾	%	5	10	15	15	20	20
CS ²⁾	%	0	0	5	5	7	8

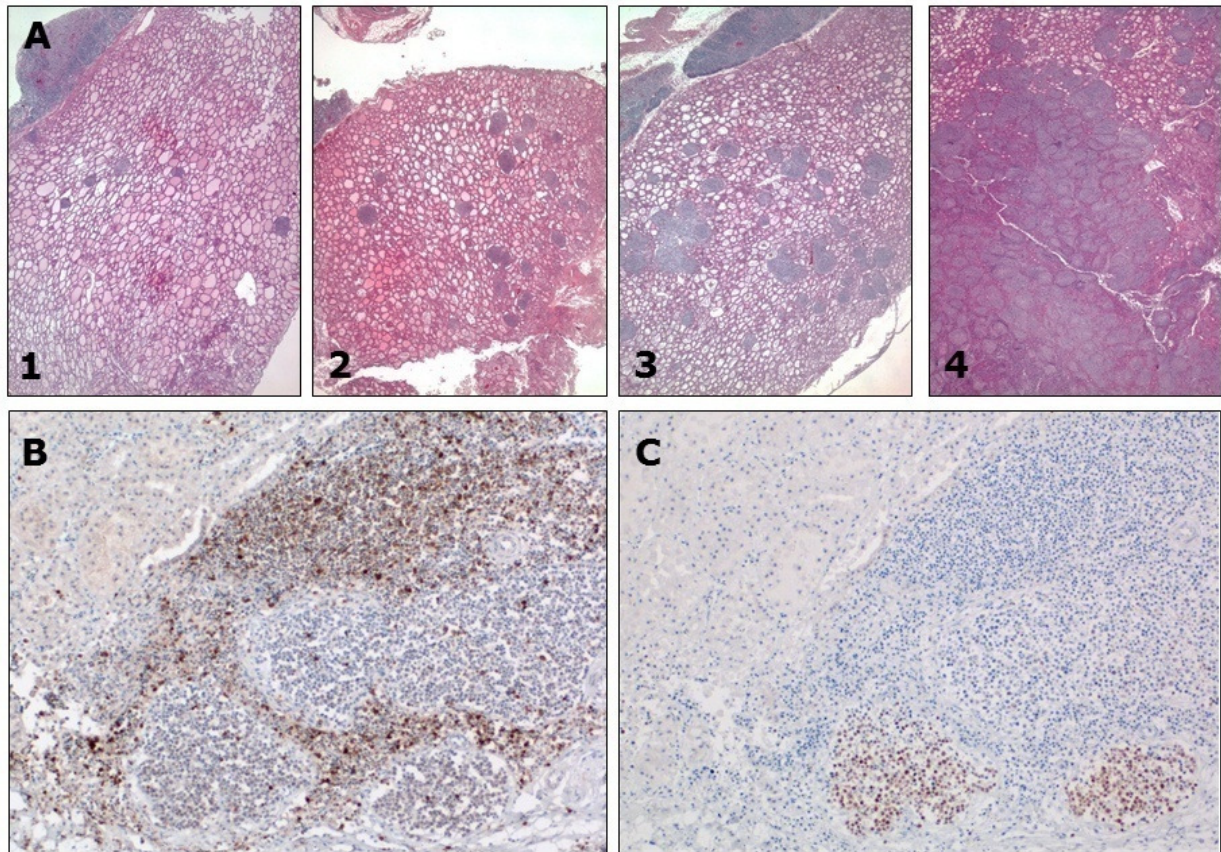
¹⁾ n = 90 per group

²⁾ n = 60 per group

Table 2: Number and percentage of male B.U.T. 6 fattening turkeys showing different scores of lymphocytic thyroiditis

Histological grading of lymphocytic infiltrations	All n	All %	Control %	CS %	RSM-1 %	RSM-2 %	RSM-3 %	<i>p</i>
0	6	10.71	1.79	1.79	1.79	1.79	3.57	0.150
1	33	58.93	10.71	8.93	14.29	12.50	12.50	0.151
2	9	16.07	3.57	0	5.36	3.57	3.57	<0.001
3	3	5.36	1.79	1.79	0	1.79	0	0.112
4	5	8.93	3.57	1.79	0	1.79	1.79	0.114

Figure 1: Histological scores of lymphocytic infiltrations in thyroids of male B.U.T.6 fattening turkeys



A: Examples of lymphocytic thyroiditis (scores 1 to 4). 1 = small scattered foci of lymphocytic thyroiditis; 2 = mild lymphocytic thyroiditis; 3 = moderate lymphocytic thyroiditis; 4 = severe, coalescing to diffuse lymphocytic thyroiditis. Note sections of thymus in upper left corner (score 1 to 3). HE. 20 x. B: Thyroid gland. Turkey no. 164 (score 4). Immunohistochemistry: Marked CD3 (T cells) immunolabeling for the predominant part of infiltrating lymphocytes. Avidin–biotin complex method. DAB labeling (brown). hematoxylin counterstain (blue).

C: Thyroid gland. Turkey no. 164 (score 4). Immunohistochemistry: PAX-5 (B cells) immunolabeling in accumulations of infiltrating lymphocytes indicating germinal center development. Avidin–biotin complex method. DAB labeling (brown). hematoxylin counterstain (blue).

4 Diskussion

4.1 Diskussion: Effekte steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in der Intensivmast von männlichen B.U.T. 6 Mastputen

4.1.1 Allgemeines

Dieser Teil der vorliegenden Studie untersuchte die Toleranz von B.U.T.6 Mastputen gegenüber praxisüblichem RES deutscher Herkunft. Das Ziel dieser Studie war die Angabe von Empfehlungen zur Verfütterung erhöhter RES-Anteile im Alleinfutter von Mastputen, für die Praxis. Das Mastverfahren sollte deshalb so weit wie möglich an der Routine eines gängigen Mastdurchgangs gehalten sein. Aus diesem Grund wurde die Mast in 6 Phasen eingeteilt und der für die konventionelle Putenmast gängigste Putengenotyp (B.U.T.6) ausgewählt.

4.1.2 Vergleich des eigenen Versuchsaufbaus mit der Methodik anderer Studien

Beim Vergleich bisheriger Studien zu dem Thema RES in der Wirtschaftsgeflügel­fütterung fällt auf, dass nur sehr wenige Autoren (HULAN et al., 1980; HALLE, 2012) eine alters- oder phasenabhängige Steigerung des RES im Alleinfutter vornahmen (Tab. 1 und 2). Dieser Aspekt ist für die Anwendung von RES im Mastalleinfutter allerdings von essentieller Bedeutung, da die ANF des Rapses sowie die hohen Rohfasergehalte des RES eine stärkere Wirkung in Form einer Verzehrsdepression auf Jungtiere haben können (HULAN et al., 1980; Corino et al., 1991; TRIPATHI und MISHRA, 2007). Aus demselben Grund enthalten industriell hergestellte Mischfuttermittel für Geflügel erst ab der dritten Phase der Mast RES. Weiter lassen sich durch das Versuchsdesign der vorliegenden Studie mögliche negative Effekte auf die Mastleistung, Futtermittelverwertung oder Gesundheit der Tiere den einzelnen Entwicklungsstadien besser zuordnen. Ein auf diese Weise durchgeführtes Experiment lässt somit nicht nur eine Beurteilung hinsichtlich des maximal möglichen Anteils an RES im Alleinfutter zu, sondern ermöglicht zudem auch eine Aussage über den Einsatzzeitpunkt und dient der detaillierteren Betrachtung. So zeigte sich in der vorliegenden Studie zwar nur ein numerischer Rückgang in der Futteraufnahme ab einem Gehalt von 5 % RES in Phase 1 aber ein signifikanter Abfall im Gewicht der Gruppe RES 3 im Vergleich zu den anderen Fütterungsgruppen, welche zu diesem Zeitpunkt der Mast 0 % RES aufnahmen. Dieser Nachteil im Gewicht konnte in den folgenden Mastphasen allerdings sehr gut aufgeholt werden, sodass der Einsatz von 5 % RES in der ersten Phase der Mast keine negativen Folgen auf den weiteren Mastverlauf hatte. Wären bei dieser Fütterungsgruppe nun von Anfang an

die Endgehalte an RES von 20 % gefüttert worden, hätte diese feine Differenzierung womöglich nicht erhoben werden können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Beachtung des Glucosinolatgehaltes des verwendeten RES. Eine Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Studien zum RES-Einsatz kann erst bei standardisierten Qualitäten gewährleistet werden. So wäre es denkbar, dass die Mastputen der Studie von MIKULSKI et al. (2012) bei denselben RES-Anteilen im Alleinfutter, aber praxisüblichen Glucosinolatgehalten von 7,8 $\mu\text{Mol/g}$ (WEBER und SCHULZE, 2013) doch eine Wachstumsdepression erfahren hätten. Durch die relativ geringen Glucosinolatgehalte des RES in dieser Studie, sowie die Wahl der Versuchstiere (Puten des Genotyps B.U.T.6) ist aber im Gegensatz zu älterer Literatur eine bessere Vergleichbarkeit mit den Gegebenheiten in der heutigen Praxis gegeben.

Bei näherer Betrachtung fallen allerdings Kritikpunkte hinsichtlich der Methodik dieses Versuches auf. So wurde die Mast im Versuch von MIKULSKI et al. (2012) in 5 statt in 6 Mastphasen eingeteilt. Eine optimale, bedarfsgerechte Versorgung mit Protein, Aminosäuren und Energie in der 5-Phasenmast wird im Vergleich zu der 6-Phasenmast nicht verwirklicht und entspricht nicht der derzeitigen Realität in der Putenintensivmast. Ein weiterer Aspekt ist die Angabe der kalkulierten statt der analysierten Inhaltstoffe der Futtermischungen. Eine Bewertung der tatsächlichen Zusammensetzung des Futters wird somit verhindert. Für die Fütterung mit RES ist weiterhin der Einsatz freier Aminosäuren von großer Bedeutung, da mit steigenden Gehalten an RES die Verdaulichkeit der Nährstoffe einschließlich der Aminosäuren sinkt. Um einen Einsatz von RES in der konventionellen Putenmast zu ermöglichen, ist es notwendig, die Menge an zugesetzten Aminosäuren transparent zu machen, was in der Studie von MIKULSKI et al. (2012) nicht der Fall war.

Weiter wurde für die Beurteilung des Pododermatitisgrades in der vorliegende Studie das Pododermatitisscoring nach BERK (2009) herangezogen. Dabei konnte zwischen nicht veränderten (Score 0), bereits ansatzweise veränderten, hyperkeratotischen Fußballen (Score 1), oberflächlichen Fußballenläsionen (Score 2) und tiefgreifenden schmerzhaften Pododermatiden (Score 3) differenziert werden (Abb.9). Da im vorliegenden Versuch die Fußballengesundheit der Puten nicht das primäre Forschungsziel darstellte, fand keine Kot- oder Einstreubonitierung wie in Studien von YOUSSEF et al. (2011) oder KÖLLN et al. (2014) statt. Allerdings wurden alle verwendeten Futtermittel auf ihre Gehalte an Natrium, Kalium, Chlorid und Schwefel analysiert und eine Kationen/Anionen-Bilanz mittels einer aus der Milchviehfütterung bekannten Formel (LFL, 2013) errechnet:

$$DCAB (mEq/kg) = 43,5 \times Na (g) + 25,6 \times K (g) - 28,2 \times Cl (g) - 62,4 \times S (g)$$

Am Ende des Mastdurchgangs nach der Schlachtung und gründlichen Reinigung der Ständer der Puten wurde eine Beurteilung des Pododermatitisgrades durchgeführt (Abb. 9).

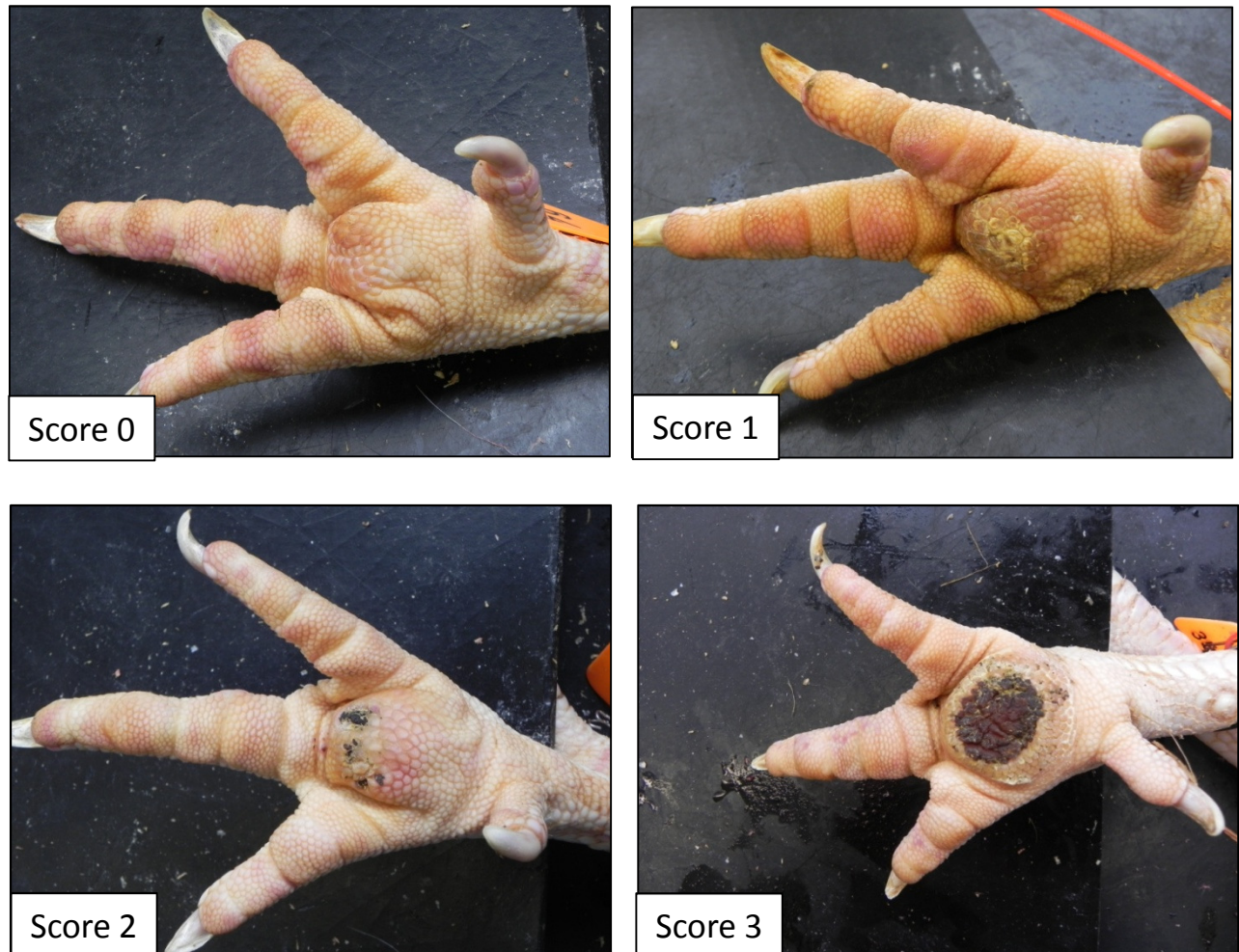


Abbildung 11: Pododermatitisscore nach BERK (2009),

Score 0 = makroskopisch unveränderte Fußballendermis, Score 1 = hyperkeratotische Fußballen, Score 2 = oberflächliche Fußballenläsionen, Score 3 = tiefe, schmerzhaft Pododermatitis

4.1.3 Diskussion der Fußballengesundheit unter dem Einfluss der Fütterung

In der vorliegenden Studie war die Fußballengesundheit der Puten insgesamt unbefriedigend. Die Kontrollgruppe zeigte mit 83,3 % der Puten den höchsten Pododermatitisscore und war somit die Gruppe mit der schlechtesten Fußballengesundheit. Den geringsten Prozentsatz an Tieren mit tiefen schmerzhaften Fußballengeschwüren zeigte die Gruppe mit dem zweithöchsten RES-Anteil im Alleinfutter (RES 2). Dies lässt die Vermutung aufkommen, dass SES als Proteinträger in der Geflügelmast zwar hinsichtlich der Aminosäurenausstattung hervorragende Eigenschaften aufweist, bezüglich der Fußballengesundheit der Tiere allerdings eine tendenziell kontraproduktive Wirkung besitzt. Ähnliche Ergebnisse zeigten Untersuchungen von KÖLLN et al. (2014) an Broilern, deren Rationen bis zu 20 % RES im Austausch zu SES enthielten. Auch hier wiesen die Tiere mit dem höchsten Anteil an RES die beste Fußballengesundheit auf. Neben den höheren Oligosaccharidgehalten des SES, erwähnen KÖLLN et al. (2014) auch die Möglichkeit der Erhöhung der Einstreufeuchte durch erhöhte Kaliumgehalte des SES im Vergleich zum RES. Allerdings wären die Unterschiede der Kaliumgehalte in den Futtermischungen des Versuchs von KÖLLN et al. (2014) zu gering um einen Effekt herbeizuführen (KÖLLN et al., 2014). Auch LEESON und SUMMERS (2005) berichten von einem „flushing Effekt“ im Darm, welcher auf verkürzte Passagezeiten, basierend auf zu hohen Kaliumgehalten des SES zurückzuführen ist. Dieser Effekt hat eine Erhöhung des Kotwassergehaltes mit einer Verschlechterung der Einstreuqualität und folglich auch einer negativen Beeinflussung der Fußballengesundheit zur Folge (LEESON und SUMMERS, 2005). Laut LEESON und SUMMERS (2005) sollte die Alleinfuttermischung deshalb eine ausgeglichene Kationen/Anionen-Bilanz aufweisen. Ein weiterer Vorteil einer derart reduzierten Anionen-Kationen-Bilanz liegt in der Prävention des Auftretens von spontanen Kardiomyopathien, welche häufiger bei einer DCAB von 250-320 MEq als bei einer DCAB von unter 230 MEq auftreten (LEESON und SUMMERS, 2005).

Bei näherer Betrachtung der Natrium-, Kalium-, Chlorid- und Schwefelgehalte der beiden Eiweißfuttermittel (RES und SES), fällt eine unterschiedliche Ausstattung mit diesen Mengenelementen auf (Abb.10). Diese wirkt sich auch auf die Kationen/Anionen-Bilanz der beiden Proteinträger aus. So liegt die DCAB für SES im positiven Bereich mit +258 MEq/kg TM und für RES im negativen Bereich mit -88 MEq/kg TM (LFL, 2013).

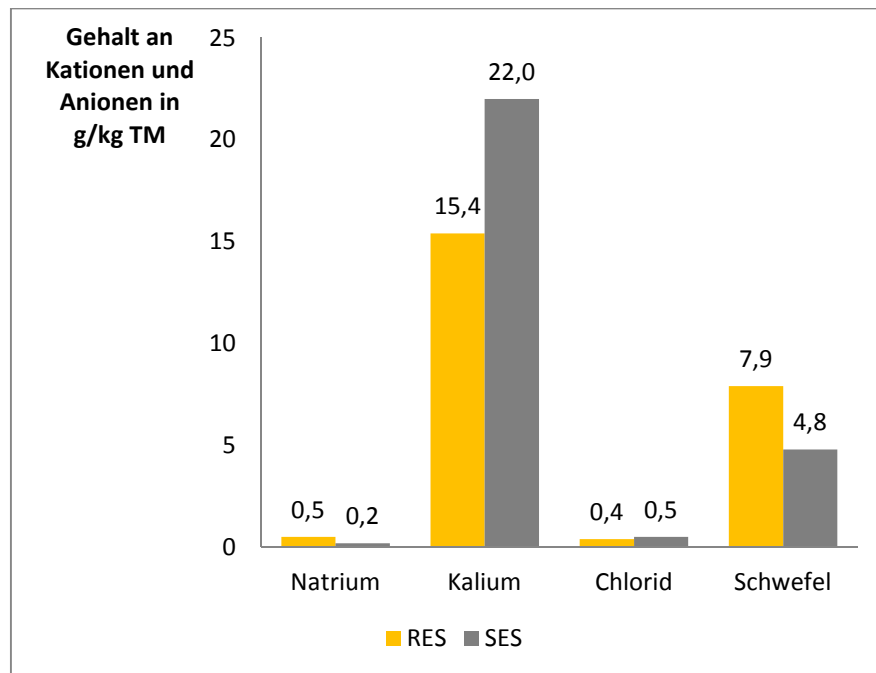


Abbildung 12: Vergleich des Anionen- und Kationengehalts in SES vs. RES nach LFL (2013)

Einerseits ist die Höhe des Kaliumgehaltes im SES ausschlaggebend für die großen Unterschiede in der Anionen-/Kationen Bilanz beider Futtermittel. Andererseits fällt beim RES aber der hohe Schwefelanteil aus den Aminosäuren Methionin und Cystein ins Gewicht.

Die DCAB hat möglicherweise eine wichtige Funktion in der Regulierung des pH-Wertes der Einstreu und somit auch der Entstehung der Pododermatitis. Ein Anstieg der Einstreufeuchte hat einen alkalischen pH-Wert des Einstreumaterials zur Folge (ALCHALABI, 2002), dieser erhöht die Freisetzung von Ammonium, welches wiederum eine Reizung der Ballenhaut der Puten verursacht (BERG, 2004). Möglicherweise wird diese Problematik durch eine positive DCAB des SES zusätzlich verstärkt. Wohingegen die eher ansäuernde Wirkung der negativen DCAB des RES eine geringere Löslichkeit des Ammoniums, und eine entsprechend positivere Wirkung auf die Fußballengesundheit haben könnte. Hinzu kommt die hemmende Wirkung der Säuren auf Ureasebildner und somit eine verringerte Bildung an Ammonium in den Ausscheidungen.

Auch im vorliegenden Versuch wurde, aufgrund unterschiedlicher RES-Anteile, die DCAB der Alleinfuttermittel beeinflusst (Tab. 6). So ist ein deutliches Absinken der DCAB mit steigendem RES-Gehalt zu erkennen. Hingegen bewegt sich die DCAB des Kontrollfutters (P-I-K), dessen Eiweißkomponente allein der SES darstellte stets im positiven Bereich (Tab. 6). Dies könnte die schlechte Fußballengesundheit der Kontrollgruppe gegenüber den

Versuchsgruppen mit einem RES-Anteil in der Alleinfuttermischung, des vorliegenden Fütterungsversuches erklären.

Tabelle 6: Kationen-Anionen-Bilanz der eingesetzten Alleinfuttermittel

	Na (g/Kg TM)	K (g/Kg TM)	Cl (g/Kg TM)	S (g/Kg TM)	Kationen/Anionen Bilanz MEq/kg
P-I-K	1,88	12,37	4,36	3,98	26,98
P-I-5	1,85	12,17	4,24	4,20	10,27
P-II-K	1,93	11,07	4,24	3,88	5,71
P-II-5	1,82	11,15	3,67	3,97	13,28
P-II-10	1,85	10,75	3,74	4,08	-4,45
P-III-K	1,40	10,60	3,13	3,47	27,55
P-III-5	1,52	10,58	3,12	3,58	25,69
P-III-10	1,48	10,33	3,29	3,83	-2,68
P-III-15	1,71	9,88	3,61	3,92	-19,29
P-IV-K	1,39	10,25	2,68	3,16	49,95
P-IV-5	1,31	10,15	2,84	3,36	27,38
P-IV-10	1,38	10,25	2,57	3,64	22,55
P-IV-15	1,45	9,96	2,81	3,89	-3,90
P-V-K	1,53	10,58	1,90	2,85	106,08
P-V-10	1,55	10,59	1,69	3,11	96,88
P-V-15	1,96	10,65	2,00	3,50	83,27
P-V-20	1,75	10,10	1,63	3,57	65,53
P-VI-K	1,55	10,18	2,23	2,72	95,62
P-VI-10	1,55	9,78	1,86	3,09	72,12
P-VI-15	1,37	9,59	1,75	3,26	52,25
P-VI-20	1,39	9,12	1,76	3,40	31,95

4.1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der vorliegenden Studie

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit basierte auf der Betrachtung des European Efficiency Factors (EEF), den durchschnittlichen Kosten für die Alleinfuttermischungen der jeweiligen Fütterungsgruppen (€/dt), den Futterkosten pro Tier (€/Tier), der Berechnung des Erlöses pro Tier (€/Tier) und dem Überschuss über Futterkosten pro Tier (€/Tier)

Der EEF wurde aus der Überlebensrate, den Tageszunahmen sowie der Futterverwertung berechnet (Tabelle 8):

$$EEF = \text{Überlebensrate (\%)} \times \text{Tageszunahmen (g)} / \text{Futterverwertung (kg/kg)} \times 10$$

Die Kosten für die Alleinfuttermischungen wurden aus dem 5-jährigen Mittel (2008 - 2012) der jeweiligen Rohstoffpreise errechnet (Tab. 7) und dienten in Verbindung mit den durchschnittlichen Futteraufnahmen der weiteren Berechnung der durchschnittlichen Futterkosten pro Tier.

Tabelle 7: Futtermittelpreise für die Kalkulation von Alleinfuttermischungen für die Putenmast (5-jähriges Mittel, 2008-2012) nach BELLOF und WEINDL (2013)

Energiefutter		Proteinfutter, freie AS		Mineralfutter	
	€/dt		€/dt		€/dt
Weizen	17,92	RES	19,74	Futterkalk	3,5
Weizen, aufgesch.	22,92	HP-SES	36,85	Monocalciumphosphat	70
Weizenfuttermehl	17,92	Arginin	3100	Mineral Pute I	80
Mais ²	18,74	Lysin	180	Mineral Pute II	70
Rapsöl ¹	85,7	Methionin	350	Mineral Pute III	65

Der Erlös (Tabelle 8) ergab sich aus der Verrechnung der Lebendgewichte der Tiere vor der Schlachtung mit einem Preis von 1,42 €/kg Lebendgewicht. Der Überschuss über Futterkosten wurde aus der Differenz zwischen Erlös und Futterkosten pro Mastpute errechnet.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von RES in der intensiven Putenmast lässt sich festhalten, dass der EEF – verglichen mit den anderen Fütterungsgruppen – für die Tiere

aus der Gruppe RES-2 die höchsten Werte aufweist. Dies lässt sich mit der prozentual höheren Überlebensrate (statistisch nicht abgesichert) der Gruppe RES-2 erklären. Da die Überlebensrate allerdings eine betriebsspezifische Größe darstellt, ist die Verallgemeinerung des EEF-Wertes nicht möglich. Jedoch belegt auch die Futterkostenkalkulation die wirtschaftliche Überlegenheit der Gruppe RES-2 gegenüber den anderen Fütterungsgruppen. Zwar ergeben sich für die Gruppe RES-3 geringere Futterkosten (-0,60 €/Tier gegenüber der Kontrolle). Die Gruppe RES-2 weist aber aufgrund höherer Erlöse, welche wiederum unter anderem auf den höchsten Lebendgewichten vor der Schlachtung beruhen, den höchsten Überschuss über die Futterkosten auf (Tab. 8).

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Fütterung von RES in der vorliegenden Studie

Merkmal		Fütterungsgruppen			
		Kontrolle	RES-1	RES-2	RES-3
EEF ¹⁾		66704	67562	68384	65324
Kosten Alleinfuttermischung (P1-P6)	€/dt	29,22	29,11	29,00	28,90
Futterkosten	€/Tier	15,83	15,37	15,46	15,23
Erlös	€/Tier	30,67	30,25	30,96	29,96
Überschuss über Futterkosten	€/Tier	14,84	14,87	15,50	14,73

Da die Bezahlung des Putenfleisches am Schlachthof nach kg Lebendgewicht der Tiere erfolgt, sind dem Einsatz von RES in der Intensivmast von Puten auch ökonomisch Grenzen gesetzt. Möglicherweise wären die Einbußen durch das Überschreiten der Anteile von 20 % RES im Alleinfutter weiter gestiegen.

Ein weiterer, für die Wirtschaftlichkeit wichtiger Aspekt, ist die in letzter Zeit zunehmende Bedeutung des Pododermatitisgrades für die Bezahlung der Schlachtkörper. Durch die Kontrolle der Fußballengesundheit am Schlachtband und entsprechende Abzüge bei Überschreiten eines bestimmten Scores nimmt die wirtschaftliche Bedeutung der Pododermatitis vermehrt zu. Auch hier zeigt Gruppe RES-2 die im Vergleich zu den anderen Fütterungsgruppen bessere Fußballengesundheit.

4.2 Diskussion: Zufallsbefund einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei männlichen B.U.T.6 Mastputen

4.2.1 Anmerkungen

Die in diesem Teil der Studie beschriebenen Ergebnisse sind Zufallsbefunde. Sie ergaben sich aus den weiterführenden Untersuchungen des Fütterungsversuches mit RES. Post mortem wurden die Schilddrüsen der Puten mikroskopisch untersucht, um einen eventuellen strumigenen Effekt des RES auf die Schilddrüsen der Mastputen zu erfassen. Aus diesem Grund konnten keine beweisenden Untersuchungen auf im Blut zirkulierende Antikörper gegen TPO oder Tg unternommen werden. Der Befund des für eine Hashimoto Thyreoiditis typischen histologischen sowie immunohistologischen Bildes gaben deshalb Anlass zu dieser Annahme.

Um das Wachstum und die Entwicklung der Puten im oben beschriebenen Fütterungsversuch mit RES mit der Situation in der Praxis unter Verwendung herkömmlichen Alleinfutters vergleichen zu können, wurde eine zusätzliche Gruppe an Mastputen gehalten. Als weitere Kontrollgruppe diente die Gruppe IS (=Industriestandard)³, welche in demselben Stall unter gleichen Bedingungen gehalten wurde. Das Futter dieser Gruppe war ein industriell hergestelltes Alleinfuttermittel für die konventionelle 6-Phasenmast. Dementsprechend enthielt es bis einschließlich der 4. Mastphase Kokzidiostatika in Form von Monensin-Natrium, welche dem Alleinfutter der Gruppen RES-1, RES-2, RES-3 und der Kontrollgruppe fehlten. Im Gegensatz zu den anderen Fütterungsgruppen, bestand diese Gruppe aus insgesamt 60 Tieren (4 x 15 Puten). Die Gruppe IS war zunächst ausschließlich als eine interne Kontrollgruppe angedacht. Aus diesem Grund finden die Tiere dieser Gruppe in der Publikation „Effekte steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in der Intensivmast von männlichen B.U.T.6 Mastputen“ keine Beachtung. Nachdem die Schilddrüsen der Puten der IS-Gruppe aber ebenfalls histologische Veränderungen aufwiesen, wurden sie in der Arbeit „Zufallsbefund einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei männlichen B.U.T.6 Mastputen“ in diese Betrachtung einbezogen.

Es ist bekannt, dass die Jodversorgung bei der Entwicklung einer immunmedierten Hypothyreose eine entscheidende Rolle spielt (HARACH et al., 1985; GÄRTNER und REINCKE, 2006; STEWART, 2013) spielt. Auch ein Selenmangel kann durch eine verminderte Aktivität der Glutathionperoxidase eine Schädigung der Schilddrüsenzellen durch freie

³ CS (= Commercial Standard) in der Publikation

Sauerstoffradikale bewirken (GÄRTNER und REINCKE, 2006). Eine Unter- sowie Überversorgung der Puten mit Jod oder Selen ist durch die bedarfsgerechte Supplementierung der Spurenelemente über das Mineralfutter ausgeschlossen. Die errechneten Jodgehalte des Alleinfutters betrugen 2,0 mg/kg Jod und 0,2 mg/kg Selen in allen Mastphasen.

4.2.2 Vergleich der vorliegenden Befunde mit ähnlichen Berichten aus der Literatur

Auch wenn die Puten der vorliegenden Studie kein typisches äußeres Erscheinungsbild einer Schilddrüsenunterfunktion aufwiesen (Anzeichen eines Kretinismus, schlaffe Haut, spärliche Befiederung mit langen seidigen Federn, unterentwickelte Hautanhangsgebilde), konnten dennoch große Übereinstimmungen mit den von KITE et al. (1969) und WICK et al. (1974; 2006) an Hühnern mit SAT beschriebenen, histopathologischen Befunden der Schilddrüse erhoben werden. Ähnlich zu Ergebnissen von KITE et al. (1969) waren auch in der vorliegenden Studie beide Schilddrüsenlappen gleichermaßen betroffen. Unabhängig von der Fütterungsgruppe zeigte das histologische Bild der Schilddrüsen fokale bis diffuse lymphozytäre Infiltrate unterschiedlicher Schweregrade.

Im Gegensatz zu Berichten von KITE et al. (1969), in deren Studien bereits ab der ersten Lebenswoche eine lymphozytäre Infiltration der Schilddrüse festzustellen war und 90 % der Tiere nach der 3. Woche schwerwiegende histologische Veränderungen zeigten, waren es in der vorliegenden Studie nur 14 % aller untersuchten Schilddrüsen, welche nach einer Lebensdauer der Puten von 19 Wochen eine mittlere (Grad 3) bis schwere Form (Grad 4) der lymphozytären Thyreoiditis aufwiesen. Hierbei ist allerdings die intensive Zuchtarbeit auf die Ausprägung des Merkmals einer SAT am OS-Hühnermodell zu erwähnen. Tiere mit weniger prägnanten Symptomen oder gar gesunde Hühner sind aus der Zucht selektiert worden, um einen möglichst hohen Grad erkrankter Tiere zu erreichen (DIETRICH et al., 1999; WICK et al., 2006). Nach WICK et al. (1974) sind Infiltrate, welche mehr als 50 % des histologischen Querschnittes einnehmen (Grad 3 und 4) für die OS-Hühner keine Ausnahme, sondern beweisend. Die immunohistochemische Untersuchung der Schilddrüsen der vorliegenden Studie zeigte eine überwiegende Einwanderung von T-Zellen. WICK et al. (1984; 2006) beschreibt aktivierte T-Zellen als die ersten Lymphozyten, welche in die Schilddrüse der SAT erkrankten Hühner einwandern. Im Gegensatz zu den von COLE (1966) und WICK et al. (1974) berichteten, bereits nach 3 bis 4 Lebenswochen deutlich ausgeprägten phänotypischen Merkmalen einer Hypothyreose der OS-Hühner, konnte in der vorliegenden Studie kein äußerlicher Hinweis auf eine endokrine Fehlfunktion der Schilddrüse vermerkt werden. Hierzu bieten DIETRICH et al. (1997) mit dem Bericht einer Subpopulation von OS-Hühnern

(OSB⁵B⁵INN-Low) mit unterschiedlich starker Ausprägung einer SAT im Vergleich zu bestehenden OS-Hühnerlinien eine mögliche Erklärung. Dort wurde ein sogenannter „low responder“ Typ, mit einer histopathologischen Ausprägung von < 40% erwähnt. Andere OS-Hühnerlinien erreichen im gleichen Zeitraum eine histopathologische Ausprägung von > 80% (=high responder). Da bisher einerseits keine Untersuchungen hinsichtlich einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei Puten vorliegen und andererseits der Krankheitsverlauf durch die Lebensdauer der Tiere von in der Regel maximal 22 Wochen verborgen bleibt, ist auch nicht klar, ab welchem histologischen Grad äußerlich erkennbare Krankheitserscheinungen zu erwarten wären. Außerdem muss bei der Betrachtung des Argumentes der fehlenden äußeren Symptomatik der Aspekt der intensiven Zuchtarbeit und der unterschiedlichen Zuchtziele der Rasse der OS-Hühner im Gegensatz zu B.U.T.6 Mastputen berücksichtigt werden. Ein Ausbleiben einer äußerlich erkennbaren Hashimoto-Symptomatik und eine, im Vergleich zu einer Reinzucht mit SAT erkrankten Hühnern, mildere oder subklinische Form einer Hashimoto Thyreoiditis, ähnlich der „low responder“ OS-Hühner, wäre aus diesem Grund denkbar.

4.2.3 Diskussion der Möglichkeit einer Hashimoto-ähnlichen Autoimmunthyreoiditis bei modernen Mastputenhybriden

Da die im Zuge eines Fütterungsversuches diagnostizierten histopathologischen Veränderungen der Schilddrüse von männlichen B.U.T.6 Mastputen Hinweise auf ein möglicherweise entgleistes Stoffwechselgeschehen dieses Putengenotyps in Form einer immunmedierten Schilddrüsenunterfunktion geben, ist die Suche nach Parallelen zu typischen Krankheitssymptomen Hashimoto erkrankter Menschen naheliegend. Die häufigsten Faktorenkrankheiten der heutigen Mastputenhybriden sind die Pododermatitis, Brusthautveränderungen und Herz-Kreislaufferkrankungen. Diesen Erkrankungen wird vielfach eine genetische Komponente zugrunde gelegt. Die vollständige Ätiologie ist allerdings meist noch nicht geklärt. Es ist eine Ähnlichkeit zwischen dem Beschwerdekomples einer Hashimoto-Erkrankung beim Menschen und den gesundheitlichen Problemen moderner Mastputenhybriden (B.U.T.6) zu erkennen (Hauterkrankungen, Cardiovasculäre Probleme, Muskelbeschwerden). Da die Hashimoto Erkrankung des Menschen als auch der Tiere eine vererbare Erkrankung (COLE, 1966; WICK et al., 1974; HEROLD, 2003; WICK et al., 2006; LATROFA und PINCHERA, 2008) darstellt, könnte bei der Zucht auf eine hohe Zuwachsleistung bei geringem Futteraufwand unabsichtlich eine Selektion auf die Merkmale einer subklinischen Hashimoto-ähnlichen Hypothyreose stattgefunden haben.

Sowohl Untersuchungen der Humanmedizin als auch Studien zur SAT am Hühnermodell belegen eine höhere Inzidenz einer lymphozytären Thyreoiditis beim weiblichen Geschlecht (COLE, 1966; WICK et al., 1974; EBERZ und REGAUER, 2009). Ein Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Puten war in der vorliegenden Studie nicht möglich, da ausschließlich männliche Tiere gemästet wurden. Die Puten zeigten äußerlich keine Anzeichen einer Schilddrüsenunterfunktion. Auch beim Menschen kann es von der histologisch sichtbaren Zerstörung des Schilddrüsenorgans bis zum Auftreten des Krankheitsbilds einer Hypothyreose Jahre dauern und in einigen Fällen erst durch einen Zufallsbefund zur Diagnose kommen (LATROFA und PINCHERA, 2008). Da die Puten in einem Alter von 19 Wochen (133 Tagen) als Jungtiere geschlachtet wurden, lässt sich keine Aussage über die Weiterentwicklung der Schilddrüsenveränderungen sowie möglicher nach außen sichtbarer Krankheitserscheinungen treffen. Denkbar wäre jedoch eine voranschreitende Zerstörung des Schilddrüsenorgans beider Schilddrüsenlappen mit zunehmendem Alter bis hin zu einer ausgeprägten Symptomatik einer Hypothyreose.

Die hohe Mastleistung bei einer gleichzeitig sehr guten Futterverwertung moderner Mastputenhybriden ist züchterisch beeinflusst und lässt sich durch das genau auf den Genotyp abgestimmte Alleinfutter zudem positiv beeinflussen. Auch die im Versuch gemästeten Puten zeigten über alle Phasen hinweg höhere Phasenendgewichte als von AVIAGEN TURKEYS (2012) angegeben. LATROFA und PINCHERA (2008) berichten von Gewichtszunahmen hypothyreoter Patienten, die sich allerdings selten in einer tatsächlichen Adipositas manifestieren, sondern eher aufgrund von Wassereinlagerungen in Form von Myxödemem entstehen. Dies belegen auch die Untersuchungen von WÖHLBIER und SCHNEIDER (1966), welche zwar nach induzierter Hypothyreose bei Ochsen einen Gewichtszuwachs vermerken konnten, dieser allerdings größtenteils aus Flüssigkeitsansammlungen bestand und nach Abschluss der MTU-Behandlung reversibel war. Eine Flüssigkeitsretention im Gewebe der Putenschlachtkörper wurde in der vorliegenden Studie jedoch nicht vermerkt.

Grundsätzlich ist aber der sehr hohe Brustfleischansatz moderner Mastputenhybriden zu erwähnen, welcher insbesondere gegen Ende der Mast auf Kosten des Schenkelanteiles stark zunimmt (MAHON, 1999). Die Folgen dieses intensiven Brustmuskelwachstums sind nach MAHON (1999) mit einem erheblich höheren Muskelfaserdurchmesser der Brustmuskulatur verbunden. Hinzu kommt, dass selbst die Brustmuskulatur langsam wachsender Puten vorwiegend aus schnell ermüdenden Muskelfasern, vom glykolytischen Typ besteht (MAHON, 1999). Diese Aspekte bergen die Gefahr einer Stoffwechselentgleisung der Muskulatur (MAHON, 1999). Die daraus resultierenden Myopathien, sind für einen Anstieg der CK im Blut dieser Puten verantwortlich. In einem Fallbericht aus der Humanmedizin, eines an Hashimoto Thyreoiditis erkrankten Patienten, berichten MASTROPASQUA et al. (2003) von Symptomen, wie verringerter Leistungsfähigkeit der Muskulatur durch schnelle Ermüdung und Hyporeflexie. Myopathien treten häufig auch im Zuge einer immunmedierten Schilddrüsenunterfunktion auf (LATROFA und PINCHERA, 2008). LATROFA und PINCHERA (2008) beschreiben das Hoffman's Syndrom als eine Form der Muskelpseudohypertrophie, welche zu einer starken Ausprägung der Arm und Beinmuskulatur bei Patienten mit Hypothyreose in Folge einer Autoimmunthyreoiditis führt (siehe oben). Aus diesem Grund raten MASTROPASQUA et al. (2003) bei erhöhten CK-Werten des Menschen eine differentialdiagnostische Abklärung einer Hypothyreose an. Ob ein Zusammenhang zwischen den, in der vorliegenden Studie erhobenen Schilddrüsenbefunden und einem verstärkten Muskelansatz der Puten besteht, bleibt jedoch zu klären, da die bereits beschriebenen Studien von COLE (1966) und WICK et al. (1974) an OS-Hühnern keine derartigen Veränderungen der Muskulatur belegen.

Weiter berichtet LATROFA und PINCHERA (2008) von Cardiovasculären Symptomen hypothyreoter Patienten, vor allem von einem starken Blutdruckanstieg durch einen erhöhten Gefäßwiderstand unter Belastung. Pathologische Veränderungen in der Hämodynamik sind auch bei B.U.T.6 Mastputen zu finden. Auch im vorliegenden Versuch ist mindestens ein diagnostisch gesicherter Fall einer spontanen Aortenruptur bekannt. Induziert durch Stresssituationen kann es zu einer spontanen Erhöhung des Blutdruckes der betroffenen Puten kommen, welcher durch eine Aortenruptur bis hin zum Tod der Tiere führen kann (HAFEZ, 1996; SHIVAPRASAD et al., 2004). Die genaue Ätiologie ist allerdings bis heute nicht geklärt (HAFEZ, 1996; SHIVAPRASAD et al., 2004). Auch wenn, wie bereits weiter oben beschrieben, alimentäre Ursachen für dieses Krankheitsbild vermutet werden (Kupfermangel, Fett- und Proteinüberschuss), kann eine genetische Komponente im Zusammenhang mit dem ausgeprägten Fleischansatzvermögen der Puten nicht ausgeschlossen werden (HAFEZ, 1996; SHIVAPRASAD et al., 2004). BEALL et al. (1963) beschreiben den hormonellen Einfluss von Steroiden als Ursache spontaner Aortenrupturen (siehe oben). Da Schilddrüsenhormone nahezu in das gesamte Stoffwechselgeschehen des Körpers involviert sind und unter anderem auch ihre Funktion in der Interaktion mit Steroiden finden, wäre ein Einfluss auf das Vorkommen von Aortenrupturen, welcher letztendlich auf der Steuerung durch Schilddrüsenhormone basiert, denkbar. So beschreiben SCHRIEFERS et al. (1968) in einem in vivo-Versuch mit männlichen Ratten den Effekt der Reduktion des Cortisongehaltes durch die Gabe der beiden Schilddrüsenhormone T3 und T4. Desweiteren studierten LEHMANN und BREUER (1969) die Verstoffwechselung von Estron bei Eu-, Hypo-, und Hyperthyreoten Ratten. Estron wurde von hypothyreoten Ratten schlechter abgebaut (LEHMANN und BREUER, 1969). Durch eine mögliche schlechtere Abbaubarkeit von Steroiden aufgrund einer hypothyreoten Stoffwechsellaage könnten sich somit spontan auftretende Aortenrupturen erklären.

Allerdings wäre ebenfalls ein direkter Einfluss der Schilddrüsenhormone auf das Herz-, Kreislaufgeschehen, wie das von (LATROFA und PINCHERA, 2008) beim Menschen beschriebene dysregulierte Blutdruckgeschehen (siehe oben) eine mögliche Erklärung für spontane Aortenrupturen bei schweren Mastputen.

Weiter leiden Patienten mit einer Hashimoto-Erkrankung häufig an Hautkrankheiten wie Lichen Sclerosus (EBERZ und REGAUER, 2009), Vitiligo oder sekundär durch eine entstandene Hypothyreose bedingten Veränderungen wie Myxödeme der Haut, Handrücken- und Infraorbitalödeme, trockene Haut (sekundäre Ichthyosis) oder verstärkte Gelbfärbung der

Haut (STERRY et al., 2010). Auch in der Putenmast stellen Hauterkrankungen wie die Pododermatitis und Brusthautläsionen (insbesondere Breast Buttons) ein erhebliches Problem dar. Hierbei besteht eine Verbindung zwischen Pododermatiden und dem verstärkten Auftreten von Brusthautläsionen bedingt durch einen erhöhten schmerzbedingten Bedarf des Ablegens der Puten (BERK, 2009). Ähnlich der Aortenruptur gibt es bereits sehr viele Untersuchungen und Erklärungen für das Auftreten von Fußballengeschwüren in der Putenmast. Sowohl die Einstreuqualität als auch die Fütterung (siehe oben) sind maßgeblich an dem Krankheitsgeschehen der Pododermatitis beteiligt. Wie aber die Studie von MAYNE et al. (2006) belegt, scheint es eine genetische Prädisposition für das Auftreten von Fußballengeschwüren zu geben, da bereits Küken in einem Alter von einer Woche die ersten histologischen Veränderungen aufweisen. Auch in der vorliegenden Studie konnten neben Pododermatiden (siehe oben), Brusthautläsionen unterschiedlichen Ausmaßes festgestellt werden. Letztere wurden jedoch nicht dokumentiert.

Diese Annahmen bedürfen allerdings einer intensiven wissenschaftlichen Abklärung. Ein wichtiger Punkt, welchen es in künftigen Studien ebenfalls zu klären gilt, ist der noch unbekannte, für eine SAT beweisende Antikörperstatus gegen Tg und TPO dieses Putengenotyps. Außerdem ist die Prävalenz der Erkrankung bei männlichen sowie weiblichen Tieren und deren weitere Entwicklung bei einer über den praxisüblichen Schlachtzeitpunkt hinausgehenden Haltung von Interesse.

4.3 Schlussfolgerungen

Die heutige, konventionelle Putenmast muss, durch den angestiegenen Konsum von Geflügelfleisch und eine dadurch entstandene Intensivierung der Mast, hohen Ansprüchen hinsichtlich der Fütterung, Haltung und Gesundheit der Tiere gerecht werden. Wobei ein enger Zusammenhang zwischen der Fütterung und einigen Gesundheitsparametern wie beispielsweise der Pododermatitis besteht. Wie in der vorliegenden Studie gezeigt wurde, wirkt sich ein Ersatz von SES mit bis zu 15 % RES (begonnen mit 5% RES in Phase 2) nicht nur positiv auf die Fußballengesundheit aus, sondern beeinträchtigt auch die Mastleistung wie auch die Wirtschaftlichkeit nicht negativ. Neben ökonomischen, umwelttechnischen und sozialen Aspekten scheint der Einsatz von SES in der Geflügelfütterung nach neueren Untersuchungen also auch hinsichtlich der Einstreuqualität und der Beingesundheit Nachteile aufzuweisen.

Mit der Schaffung „Bundeseinheitlicher Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen“ ist der erste Schritt zu einer rechtlichen Regelung der Putenhaltung mit messbaren Gesundheitsparametern geschaffen worden. Umso wichtiger werden einerseits Kontrollen dieser Parameter am Schlachtband und andererseits Studien, welche die Prävention von haltungs- und fütterungsbedingten Gesundheitsschäden zum Ziel haben. Wie die zweite Publikation „Zufallsbefund einer Hashimoto-ähnlichen Thyreoiditis bei männlichen B.U.T.6 Mastputen“ dieser Arbeit belegt, ist auch die Untersuchung möglicherweise zuchtbedingter Schäden heutiger Mastputen von großer Bedeutung. Denn ein Fehlen von Tg- und TPO-Antikörpern im Blut der untersuchten Puten würde zwar gegen ein Autoimmungeschehen der Schilddrüse sprechen, dennoch sind die in der vorliegenden Studie beschriebenen Schilddrüsenveränderungen unphysiologisch und deuten auf die Zerstörung eines für den Stoffwechsel essentiellen Organes hin. Die Klärung der Entstehung sowie der Folgen einer solchen Erkrankung wäre deshalb von ähnlich großer Bedeutung. In beiden Fällen wäre also die Zucht und Vermarktung potentiell stoffwechselkranker Tiere nicht tragbar. In diesem Zusammenhang wäre auch der Schilddrüsenstatus der Elterntiere, welche eine deutlich längere Lebensspanne als Masttiere besitzen, zu ermitteln. Auch die Auswirkungen der Fütterung auf das Stoffwechselgeschehen und somit auf das Fortschreiten der Krankheit wären zu betrachten. Zu klären wäre außerdem, ob die derzeitige Fütterung ein mögliches Stoffwechselproblem dieser Tiere über lange Zeit hinweg maskiert hat.

5 Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit einer Gesamtdauer von 133 Tagen (6-Phasenmast) sollten unterschiedliche Mischungsanteile an RES im Alleinfutter für Puten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Mastleistung, den Schlachtkörperwert und die Gesundheit der Tiere im Vergleich zu einer Kontrollgruppe untersucht werden. Insgesamt wurden 360 männliche B.U.T.6 Mastputen (Eintagsküken) in 4 Gruppen mit je 6 Wiederholungen unterteilt (Kontrolle: 0 % RES, RES-1: 0 bis 10 % RES; RES-2: 0 bis 15 % RES; RES-3: 5 bis 20 % RES). Der Glucosinolatgehalt des verwendeten RES betrug 7,69 $\mu\text{Mol/g}$.

Während des Versuches traten nur geringe Verluste auf (Aufzuchtphasen: 3,61 %, Mastphasen: 1,85 %). Ein Fütterungseffekt war hierbei nicht zu erkennen. Während der gesamten Mast zeigten die Puten eine hohe Futteraufnahme. Gerichtete Effekte konnten auch hier nicht beobachtet werden. Das erreichte Mastendgewicht lag zwischen 21,8 kg und 22,2 kg am Ende der 19. Lebenswoche, ohne signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen. Allerdings hatten die Tiere der Gruppe RES-3, verglichen mit den anderen Gruppen, geringere Schlachtkörper- und Keulengewichte. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen in den Leber-, Herz- und Schilddrüsenproportionen. Die am Ende der Mast ermittelte Fußballengesundheit (Pododermatitis) war insgesamt unbefriedigend.

Die vorliegende Studie belegt, dass eine Fütterung von bis zu 15 % RES (beginnend mit 5 % in Phase 2) mit durchschnittlichen Glucosinolatwerten (7,69 $\mu\text{Mol/g}$) keine negativen Effekte auf die Mastleistung, den Schlachtkörperwert sowie den Gesundheitsstatus und das Pododermatitisgeschehen ausübt. Außerdem waren die Puten, die bis zu 15 % RES im Alleinfutter erhielten den übrigen Fütterungsgruppen wirtschaftlich überlegen.

Aufgrund des bekannten strumigenen Effektes der im Raps enthaltenen Glucosinolate wurden im Zuge der Schlachtkörperbeprobung die Schilddrüsen der jeweiligen Puten entnommen und histologisch untersucht. Auch die Schilddrüsen, einer nicht für die Publikation vorgesehenen internen Kontrollgruppe (IS), welche unter denselben Bedingungen wie die Puten des Fütterungsversuches gehalten wurde, aber ein industriell hergestelltes Alleinfuttermittel erhielt (RES Gehalte: P-1 = 0 %, P-2 = 0 %, P-3 = 5 %, P-4 = 5 %, P-5 = 7 %, P-6 = 8 %), wurden analysiert. Somit wurden insgesamt 56 Schilddrüsenpaare für die histologische Auswertung formalinfixiert, in Paraffin eingebettet und mittels Hämatoxylin-Eosin (H.E.) gefärbt.

Mehr als die Hälfte aller Schilddrüsen wies ein hohes Vorkommen an lymphozytären Infiltraten auf. Die lymphozytäre Thyreoiditis wurde in fünf Kategorien unterteilt (Grad 0-4). Aufgrund dieser Befunde wurden zwölf Schilddrüsenpaare (jeweils 3 Tiere pro Grad 1-4) immunhistologisch auf CD3 (T-Zell-Marker) und Pax-5 (B-Zell-Marker) untersucht.

Unabhängig von der Fütterungsgruppe zeigten 14 % aller Tiere, eine mittel- bis hochgradige lymphozytäre Thyreoiditis (Grad 3 und 4) mit Ausbildung zahlreicher Keimzentren in den Infiltraten. Das histologische Bild der schweren Thyreoiditis ist vereinbar mit der autoimmunen Hashimoto Thyreoiditis des Menschen. Der Großteil der Infiltrate konnte als CD3-positive T-Lymphozyten angesprochen werden. B-Lymphozyten fanden sich vor allem in den Keimzentren. Auch dieses Bild ähnelt der histologischen Darstellung einer Hashimoto Thyreoiditis beim Menschen sowie bei Versuchstieren mit spontan auftretender Autoimmunthyreoiditis (WICK et al., 1974).

Da dieses Krankheitsbild bei Mastputen weitgehend unbekannt ist und einige in der Mastputenhaltung häufig auftretenden Krankheitserscheinungen, mit noch nicht gänzlich geklärter Ätiologie, starke Parallelen zu den Symptomen einer Hashimoto Erkrankung des Menschen aufweisen (Cardiovaskuläre Probleme, Hautveränderungen), bedarf es weiterer Studien zur Klärung dieses Verdachts.

6 Summary

Effects of increasing rapeseed meal levels in diets of male B.U.T.6 fattening turkeys with special regard to an accidental finding of the thyroid

A feeding trial with 133 days duration (6 fattening phases) was carried out to determine the effects of increasing rapeseed meal levels in single feed mixtures on the performance, carcass yield and health of fattening turkeys in contrast to a control group. Therefore 360, one day old male B.U.T.6 fattening turkeys were separated into 4 feeding groups with 6 replicates each (Control: 0 % RSM, RSM-1: 0 to 10 % RSM; RSM-2: 0 to 15 % RSM; RSM-3: 5 to 20 % RSM). The glucosinolate content of the RSM amounted to 7.69 $\mu\text{Mol/g}$.

Only few losses occurred during the trial (Phase 1 to 2: 3.61 %; Phase 3 to 6: 1.85 %). However there was no effect between the feeding groups. The turkeys showed a high feed intake throughout all the phases. Again no statistical effects in feed intake could be observed. The final fattening weights ranged between 21.8 kg and 22.2 kg at the end of week 19, without any significant differences between the feeding groups. Though the turkeys in group RSM-3 showed lower carcass and drumstick weights compared to the other feeding groups. There were no significant effects in liver-, heart- and thyroid proportions between the feeding groups. The turkeys showed in general a dissatisfying foot pad health, which was scored at the end of fattening.

The current study proves the possibility of feeding fattening turkeys with up to 15 % RSM (starting with 5 % in phase 2) with average glucosinolate values (7.69 $\mu\text{Mol/g}$) without negative effects on performance, carcass yield, health status as well as foot pad health. Besides the turkeys fed 15 % RSM showed an economic superiority towards the other feeding groups.

Because of the well known goitrogenic effects of glucosinolates in RSM, the thyroid glands of the turkeys were taken during the carcass sampling and analyzed microscopically. Thyroids of turkeys of an intern control group (= CS), which was initially not provided for publication but kept under the same conditions as the other feeding groups, were observed as well. This control group received an industrial single feed mixture (RSM contents: P-1 = 0 %, P-2 = 0 %, P-3 = 5 %, P-4 = 5 %, P-5 = 7 %, P-6 = 8 %). In total 56 thyroid couples were fixed in formalin, embedded in paraffin and Haematoxylin Eosin (H.E.) stained.

A high incidence of lymphocytic infiltrations in the thyroids was present regardless of the feeding groups. The lymphocytic thyroiditis was graduated in 5 scores (score 0-4). Based on these findings 12 thyroid couples (3 turkeys per score 1-4) were analyzed immunohistochemically for CD3 (T-cell- marker) and Pax-5 (B-cell-marker).

A moderate to severe (score 3-4) form of lymphocytic thyroiditis was present in 14 % of the turkeys, regardless of the feeding groups. The histological findings of moderate to severe thyroiditis seem to resemble the autoimmune Hashimoto thyroiditis found in humans. The infiltrates were predominantly characterized as T-lymphocytes. B-cell infiltrates were primarily found in the germinal centers. This immunohistochemical picture is not only similar to a Hashimoto thyroiditis in humans but also shows analogy to findings reported from laboratory animals with spontaneous autoimmune thyroiditis like the OS-Strain chickens (WICK et al., 1974).

Reports in former literature prove the effort of an induced hypothyreosis in favor of better performances and feed conversion ratios (ASHER and MÜLLER, 1951; SCHOFER, 1952; WÖHLBIER and SCHNEIDER, 1966). We hypothesize that the selection for higher weight gains and performances may have unintentionally led to a Hashimoto-like thyroiditis in modern turkey hybrids.

This disease is largely unknown in fattening turkeys. As some health problems of modern fattening turkeys show strong parallels to symptoms of Hashimoto thyroiditis in humans (cardiovascular issues, dermal diseases, myopathy) there is a need for further studies to substantiate this hypothesis and to investigate the consequences on the health of these turkeys.

6 Literaturverzeichnis

- ABDELLATIF, A., R. VLES, 1970: Pathological effects of dietary rapeseed oil in rats. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 12 (5), 285-295.
- AGRARMÄRKTE 2011/2012, 2012: Unterlagen für Unterricht und Beratung in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL), Schwäbisch Gmünd, und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg). Freising-Weihenstephan.
- ALCHALABI, D., 2002: Correlation between litter pH and airflow pattern. *Poultry International*, 41 (5), 42-46.
- ASHER, T., R. MÜLLER, 1951: Die Wirkung von Methylthiouracil auf das Wachstum und den Masterfolg bei Schweinen. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*, 59 (2), 265-269.
- AVIAGEN TURKEYS, 2009: Feed Programmes For B.U.T Commercial Turkeys-Key Points. Abgerufen von http://www.aviagenturkeys.com/media/25290/atl_commercial_nutrit_004d.pdf am 01.06.2013.
- AVIAGEN TURKEYS, 2011: Vertriebsstruktur. Aviagen Group (Hrsg.), Huntsville, USA. Abgerufen von <http://www.aviagenturkeys.com/de/ueber-uns/vertriebsstruktur.aspx> am 05.11.2013.
- AVIAGEN TURKEYS, 2012: B.U.T.6 Commercial Performance objectives. Publication number 250-01-BUT6-UK-11.2012. Abgerufen von http://www.aviagenturkeys.com/media/206805/v1_but_6_commercialgoals_ger.pdf am 10.09.2013.
- BEALL, C. W., C. F. SIMPSON, W.R. PRITCHARD, R.H. HARMS, 1963: Aortic Rupture in Turkeys Induced by Diethylstilbeseterol. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine*, 113 (2), 442-443.

- BELLOF, G., P. WEINDL, 2013: Der Futtermittelreport-Strategien zum verminderten Einsatz von aus Übersee importierten Sojaerzeugnissen in der Geflügelfütterung in Deutschland. WWF Deutschland (Hrsg.), Berlin.
- BELLOF, G., M. BRANDL, E. SCHMIDT, S. CARRASCO, B. SCHADE, 2014: Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensität und Haltungsform auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von langsam oder schnell wachsenden Genotypen in der ökologischen Putenmast. Arch. Geflügelk., 2, im Druck.
- BERG, C., 2004: Pododermatitis and hock burn in broiler chickens. In: Weeks, C., A. Butterworth (Hrsg.): Measuring and Auditing Broiler Welfare. CABI publishing, Cambridge, USA, 37-49.
- BERGMANN, V., 1992: Plötzliches Herz-Kreislauf-Versagen. In: Heider, G., G. Monreal, J. Meszaros (Hrsg.): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels, Band II: Spezieller Teil 2, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart 1992, 703-707.
- BERK, J., 2002: Artgerechte Mastputenhaltung, baulich-technische Ansätze zur Verbesserung der Haltungsumwelt. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (Hrsg.), Darmstadt.
- BERK, J., 2009: Effekte der Einstreuart auf Tiergesundheit und Tierleistungen bei Putenhennen. In: Rahmann, G., U. Schumacher (Hrsg.), 2009: Neues aus der Ökologischen Tierhaltung, 23-29.
- BOULIANNE, M., D. B. HUNTER, L. VIEL, P.W. PHYSICK-SHIERD, R.J. JULIAN, 1993: Effect of Exercise on the Cardiovascular and Respiratory Systems of Heavy Turkeys and Relevance to Sudden Death Syndrome. Avian Diseases, 37 (1), 83-97.
- BÜLOW-PEDERSEN, I.B., P. LAURBERG, N. KNUDSEN, T. JORGENSEN, H. PERRILD, L. OVESEN, L.R. RASMUSSEN, 2007: An increased incidence of overt hypothyroidism after iodine fortification of salt in Denmark: a prospective population study. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 92 (8), 3122-3127.
- CLANDININ, D., L. BAYLY, A. CABALLERO, 1966: Rapeseed Meal Studies 5. Effects of (\pm)-5-Vinyl-2-Oxazolidinethione, a Goitrogen in Rapeseed Meal, on the Rate of Growth and Thyroid Function of Chicks. Poultry Science, 45 (4), 833-838.

- COLE, R.K., 1966: Hereditary Hypothyroidism in the Domestic Fowl. *Genetics*, 53(6), 1021-1033.
- COLE, R.K., J.H. KITE, G. WICK, E. WITEBSKY, 1970: Inherited autoimmune thyroiditis in the fowl. In: Mellen, W.J., 1970: Symposium: Recent Advances in Avian Endocrinology. *Poultry Science*, 49 (4), 839-848.
- CORINO, C., A. BALDI, V. BONTEMPO, 1991: Influence of low-glucosinolate rapeseed meal on performance and thyroid hormone status of heavy pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 35 (3), 321-331.
- DAMME, K., R. A., HILDEBRAND, 2002: Geflügelhaltung. Eugen Ulmer, Stuttgart, 9-10.
- DE CARVALHO, L.C., G. WICK, I.M. ROITT, 1981: Requirement of T cells for the development of spontaneous autoimmune thyroiditis in obese strain (OS) chickens. *The Journal of Immunology*, 126(2), 750-753.
- DEFRA (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS), 2010: Poultry in the United Kingdom The Genetic Resources of the National Flocks. Abgerufen von https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69294/pb13451-uk-poultry-faw-101209.pdf am 03.03.2014.
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT), 2013: Fachserie 3, Reihe 4.2.3: Land und Forstwirtschaft, Fischerei –Geflügel 2012. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Wiesbaden. Abgerufen von www.destatis.de am 08.05.2013.
- DETER, A., 2013: Bundeseinheitliche Eckwerte zur Putenmast in Niedersachsen per Erlass eingeführt. Abgerufen von <http://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Putenmast-Meyer-fuehrt-Bundeseinheitliche-Eckwerte-per-Erlass-ein-1260244.html> am 02.01.2014.
- DIETRICH, H. M., A. J. OLIVEIRA-DOS-SANTOS, G. WICK, 1997: Developement of spontaneous autoimmune thyroiditis in Obese strain (OS) chickens. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 57 (1), 141-146.
- DIETRICH, H. M., R. K. COLE, G. WICK, 1999: The natural history of the obese strain of chickens-an animal model for spontaneous autoimmune thyroiditis. *Poultry Science* 78, (10), 1359-1371.

- DUSEL, G., J., WEIß, 2011: Futtermittelkunde. In: Weiß, J. u.a. (Hrsg.) Tierproduktion, Enke-Verlag, Stuttgart, 14. Auflage, 189-253.
- DVT (DEUTSCHER VERBAND TIERNÄHRUNG E.V.), 2012: Futtermittel-Tabellarium Ausgabe 2012. Deutscher Verband Tiernahrung e.V. (Hrsg.), Bonn.
- EBERZ, B., S. REGAUER, 2009: Konkomitantes Auftreten von Lichen sclerosus und Hashimoto-Thyreoiditis. Journal für Klinische Endokrinologie und Stoffwechsel-Austrian Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2 (3), 7-10.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2007: Glucosinolate als unerwünschte Substanzen in Tierfutter wissenschaftliches Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette. The EFSA Journal 590, (Frage Nr. EFSA-Q-2003-061).
- EVONIK, 2010: AMINODat 4.0-50 years amino acid analysis. Evonik Degussa GmbH (Hrsg.), Essen.
- FAOSTAT, 2012: Kein Titel. Abgerufen von <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, am 04.01.2014.
- FEFAC (EUROPEAN FEED MANUFACTURERS' FEDERATION), 2013: Compound feed production (1989-2011). Abgerufen von WWW.FEFAC.EU am 02.01.2014.
- FELDHAUS, L., E. SIEVERDING, 2007: Putenmast. 3. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FENWICK, G. R., A. W. PEARSON, N. M. GREENWOOD, E. J. BUTLER, 1981: Rapeseed meal tannins and egg taint. Animal Feed Science and Technology, 6 (4), 421-431.
- FRITZ, T.E., W.P. NORRIS, N.D. KRETZ, 1970: Influence of lymphocytic Thyroiditis on Iodine Metabolism in the Beagle. Experimental Biology and Medicine, 134 (2), 450-458.
- GÄRTNER, R., M. REINCKE, 2006: Schilddrüse. In: Siegenthaler, W., E. Blum, 2006 (Hrsg.): Klinische Pathophysiologie, 9. Auflage. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 270-290.
- GROBE-LIESNER, B., 2007: Vergleichende Untersuchungen zur Mast-und Schlachtleistung sowie zum Auftreten (Häufigkeit/Intensität) primär nicht-infektiöser Gesundheitsstörungen bei Puten fünf verschiedener Linien. Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- GRIFFITHS, N.M., D.G. LAND, A. HOBSON-FROHOCK, 1979: Trimethylamine and egg taint. British Poultry Science, 20 (6), 555-558.

- HÄMMERLING, R., A. ROTERMUND, H.O. HOPPEN, 2009: Regelkreise mit der Beteiligung des Hypothalamus-Hypophysensystems,-Hypothyreose. In: Hämmerling R. (Hrsg.), 2009: Praxis der endokrinologischen Krankheitsbilder bei Hund und Katze. Parey, Stuttgart, 25-42.
- HAFEZ, H., 1996: Übersicht über Probleme der haltungs-und zuchtbedingten Erkrankungen bei Mastputen. Arch. Geflügelk, 60 (6), 249-256.
- HALLE, I., 2012: Rapsextraktionsschrot in der Broilermast. Schlussbericht für das UFOP (Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen e.V.) - Projekt Nr. 524/121.
- HARACH, H.R., D.A. ESCALANTE, A. ONTAVIA, J. LEDERER OUTES, ES. SARAVIA DAY, E.D. WILLIAMS, 1985: Thyroid carcinoma and thyroiditis in an endemic goitre region before and after iodine prophylaxis. Acta Endocrinologica, 108 (1), 55-60.
- HEROLD, G., 2003: Chronische lymphozytäre Thyreoiditis (Hashimoto) = Autoimmunthyreoiditis. In: Herold, G. (Hrsg.), 2003: Innere Medizin: eine vorlesungsorientierte Darstellung ; unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges für die Ärztliche Prüfung . Gerd Herold, Köln, 627.
- HONKATUKIA, M., K. REESE, R. PREISINGER, M. TUISKULA-HAAVISTO, S. WEIGEND, J. ROITO, A. MÄKI-TANILA, J. VILKKI, 2005: Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene. Genomics, 86 (2), 225-232.
- HULAN, H., F. PROUDFOOT, K. MCRAE, 1980: The nutritional value of tower and candle rapeseed meals for turkey broilers housed under different lighting conditions. Poultry Science, 59 (1), 100-109.
- JEROCH, H., W. KRACHT, S. DÄNICKE, 2001: Feeding value of rape products and its improvement for broilers and laying hens. European Journal of Lipid Science and Technology, 103, 7-11.
- JEROCH, H., S. DÄNICKE, 2012: Faustzahlen zur Geflügelfütterung. In: Damme, K., Möbius C. (Hrsg), 2012: Geflügeljahrbuch 2013. Ulmer Verlag, Stuttgart, 168-203.
- JEROCH, H., 2013: Fütterung des Lege- Reproduktions- und Mastgeflügels – Mastputen. In: Jeroch H., A. Simon, J. Zentek (Hrsg.), 2013: Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 423-441.

- KAHALY, G., H. DRALLE, K. MANN, C. REINERS, 2010: Schilddrüsenerkrankungen-Autoimmunopathien. In: Deutsche Gesellschaft für Endokrinologie (Hrsg.), 2010: Rationelle Diagnostik und Therapie in Endokrinologie, Diabetologie und Stoffwechsel. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 73-83.
- KAMYAB, A., 2001: Enlarged sternal bursa and focal ulcerative dermatitis in male turkeys. *World's Poultry Science Journal*, 57 (1), 5-12.
- KARTZFEHN, 2012: Informationen zur Putenmast. Abgerufen von, <http://www.kartzfehn.de/beratung/publikationen.html> am 03.03.2014.
- KENNEDY, T., H. PURVES, 1941: Studies on Experimental Goitre. I: The Effect of Brassica Seed Diets on Rats. *British journal of experimental pathology*, 22, (5), 241-244.
- KITE, J.H., G. WICK, B. TWAROG, E. WITEBSKY, 1969: Spontaneous Thyroiditis in an Obese Strain of Chickens II. Investigations on the development of the disease. *The Journal of Immunology*, 103(6), 1331-1341.
- KLING, M., W. WÖHLBIER, 1983: Handelsfuttermittel. Band 2A Futtermittel pflanzlicher Herkunft, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S.275-299.
- KÖLLN, M., M. KÖPPING, J. KAMPHUES, 2014: Partial substituting soybean meal in broiler diets by rapeseed meal: performance, composition of the litter and foot pad health. *Proceedings of the society of Nutrition Physiology*, 23.
- KOZLOWSKI, K., A. HELMBRECHT, A. LEMME, J. JANKOWSKI, H. JEROCH, 2011: Standardized ileal digestibility of amino acids from high-protein feedstuffs for growing turkeys-a preliminary study. *Archiv für Geflügelkunde*, 75 (3), 185-190.
- KRAMER, J., S. MAHADEVAN, J. HUNT, F. SAUER, A. H. CORNER, K. CHARLTON, 1973: Growth rate, lipid composition, metabolism and myocardial lesions of rats fed rapeseed oils (*Brassica campestris* var. Arlo, Echo and Span, and *B. napus* var. Oro). *The Journal of nutrition*, 103 (12), 1696-1708.
- LANZANI, A., G. PIANA, G. PIVA, M. CARDILLO, A. RASTELLI, G. JACINI, 1974: Changes in *Brassica napus* progoitrin induced by sheep rumen fluid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 51 (11), 517-518.

- LATROFA, F., A. PINCHERA, 2008: Autoimmune Hypothyroidism. In: Weetman, A. P., (Hrsg.), 2008: Autoimmune Diseases in Endocrinology. Humana Press, Totowa, New Jersey, 137-176.
- LEESON, S., J. ATTEH, J. D. SUMMERS, 1987: The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. Canadian Journal of Animal Science, 67 (1), 151-158.
- LEESON, S., J.D. SUMMERS, 2005: Commercial Poultry Nutrition, Third Edition, University Books, Guelph, Ontario.
- LEHMANN, W. D., H. BREUER, 1969: Wirkung des Funktionszustandes der Schilddrüse auf den Stoffwechsel der Östrogene in der Mikrosomenfraktion der Rattenleber. Acta Endocrinologica, 61 (3), 461-476.
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT), 2012: Futterberechnung für Schweine. 19. Auflage 2012, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising-Weihenstephan.
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT), 2013: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe Zuchtrinder Schafe Ziegen. 36. Auflage 2013, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising-Weihenstephan.
- MAHON, 1999: Muscle abnormalities: morphological aspects. In: Richardson, R.I., G.C. Mead (Hrsg.), 1999: Poultry Meat Science, 25. CAB International, Wallingford, 19-64.
- MANDIKI, S.N.M., G. DERYCKE, J.L. BISTER, N. MABON, J.P. WATHELET, M. MARLIER, R. PAQUAY, 2002: Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes 1. Animal performance and plasma hormones and glucose. Animal Feed Science and Technology, 98, 25-35.
- MARCH, B.E., C. MACMILLIAN, 1979: Trimethylamine Production in the Caeca and Small Intestine as a Cause of Fishy Taints in Eggs. Poultry Science, 58 (1), 93-98.
- MARCH, B.E., C. MACMILLIAN, 1980: Choline Concentration and Availability in Rapeseed Meal. Poultry Science, 59, (3), 611-615.
- MASTROPASQUA, M., G. SPAGNA, V. BALDINI, I. TEDESCO, A. PAGGI, 2003: Hoffman's Syndrome: Muscle Stiffness, Pseudohypertrophy and Hypothyroidism. Hormone Research, 59 (2), 105-108.

- MAWSON, R., R. HEANEY, Z. ZDUNCZYK, H. KOZLOWSKA, 1993: Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects Part 2. Flavour and palatability. *Food/Nahrung*, 37 (4), 336-344.
- MAWSON, R., R. HEANEY, Z. ZDUNCZYK, H. KOZLOWSKA, 1994: Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects Part 4. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Food/Nahrung*, 38 (2), 178-191.
- MAYNE, R., P. HOCKING, R. ELSE, 2006: Foot pad dermatitis develops at an early age in commercial turkeys. *British poultry science*, 47 (1), 36-42.
- MEYER, H., 2009: Die Putenzuchtunternehmen im Wandel. In: Damme, K., Möbius C. (Hrsg): *Geflügeljahrbuch 2010*. Ulmer Verlag, Stuttgart, 103-111.
- MEYER, H., 2012: Putenzuchtunternehmen im Überblick. In: Damme, K., Möbius C. (Hrsg): *Geflügeljahrbuch 2013*. Ulmer Verlag, Stuttgart, 78-89.
- MIKULSKI, D., J. JANKOWSKI, Z. ZDUNCZYK, J. JUSKIEWICZ, B. SLOMINSKI, 2012: The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science*, 91 (1), 215-223.
- MITTERER-ISTYAGIN, H., M. LUDEWIG, T. BARTELS, M. E. KRAUTWALD-JUNGHANS, R. ELLERICH, E. SCHUSTER, J. BERK, S. PETERMANN, K. FEHLHABER, 2011: Examinations on the prevalence of footpad lesions and breast skin lesions in B.U.T. Big 6 fattening turkeys in Germany. Part II: Prevalence of breast skin lesions (breast buttons and breast blister). *Poultry Science*, 90, 775-780.
- MUTALIB, A.A., J.A. HANSON, 1990: Sudden death in turkeys with perirenal hemorrhage: Field and laboratory findings. *Candian Veterinary Journal*, 31 (9), 637-642.
- NEETESON, A. M., J. MCADAM, M. SWALANDER, A. KOERHUIS, 2012: Tierschutzmerkmale und Nachhaltigkeit bei Aviagen: Selektion bei Hähnchen und Puten. *DGS Magazin*, 35 (2012), 39.
- NEUFELD, J.N., 1989: Breast button in confined turkeys-etiology and relationship with rearing temperature. In: *Proceedings of the 5th International Symposium, World Association of Veterinary Laboratory Diagnostics*, Guelph, Canada, Abstract 59.

- PACINI, F., T. VORONTOVA, E. MOLINARO, E. KUCHINSKAYA, L. AGATE, E. SHAVROVA, u.a., 1998: Prevalence of thyroid autoantibodies in children and adolescents from Belarus exposed to the Chernobyl radioactive fallout. *The Lancet*, 352 (9130), 763-766.
- PALANDER, S., M. NÄSI, I. ALA-FOSSI, 2004: Rapeseed and soybean products as protein sources for growing turkeys of different ages. *British poultry science*, 45 (5), 664-671.
- PEARSON, A. W., E. J BUTLER, R. F CURTIS., G. R FENWICK, A. HOBSON-FROHOCK, D.G. LAND, 1978: Effects of rapeseed meal on laying hens (*Gallus domesticus*) in relation to fatty liver-haemorrhagic syndrome and egg taint. *Research in veterinary science*, 25 (3), 307-313.
- PEARSON, A., N. GREENWOOD, E. BUTLER, G. FENWICK, 1983: Biochemical changes in layer and broiler chickens when fed on a high-glucosinolate rapeseed meal. *British poultry science*, 24 (3), 417-427.
- PENGUE, W. A., 2004: Transgenic crops in Argentina and its hidden costs. In E. Ortega und S. Ulgiati., *Proceedings of IV Biennial International Workshop „Advances in Energy Studies“ Brazil* (Hrsg.), 91-101.
- PENGUE, W.A., 2005: Transgenic crops in Argentina: The Ecological and Social Debt. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25 (4), 314-322.
- PETERMANN, S., 2006: Putenhaltung. In: RICHTER, T., (Hrsg.), 2006: *Krankheitsursache Haltung: Beurteilung von Nutztierställen - ein tierärztlicher Leitfaden*. Enke, Stuttgart, 195-217.
- Proplanta, 2013: Selbstverpflichtende Eckwerte für die Putenhaltung verabschiedet. Abgerufen von http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Tier/Eckwerte-Putenhaltung_article1365679253.html am 29.12.2013.
- REUBER, M.D., E.L. GLOVER, 1976: Role of Age and Sex in Chronic Thyroiditis in Rats Fed 3'- Methyl-4-Dimethylaminoazobenzene, *Veterinary Pathology*, 13 (4), 295-302.
- RODEHUTSCORD, M., J. WEIB, 2012: Rapsextraktionsschrot in der Fütterung von Legehennen. UFOP Praxisinformation. Abschlussbericht für das UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen). Abgerufen von <http://www.ufop.de/agrar-info/forschu/berichte/> am 02.01.2014.

- ROTH-MAIER, D., M. KIRCHGEßNER, 1987: Zum Einsatz von Rapsextraktionsschrot aus 00-Sorten in der Broilermast. Archiv fuer Gefluegelkunde, 51 (6), 241-246.
- SALMON, R., 1970: Rapeseed meals in diets for growing turkeys. Canadian Journal of Animal Science, **50** (1), 157-160.
- SALMON, R., 1982: Canola meal and fish meal in turkey starter diets. Poultry Science, 61 (10), 2126-2128.
- SCHMIDT, E., G. BELLOF, G. HAHN, 2006: Einfluss unterschiedlicher Energiegehalte in Alleinfuttermischungen auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von langsam oder schnell wachsenden Genotypen in der ökologischen Putenmast. Archiv für Geflügelkunde, 71 (5), Ulmer Verlag, Stuttgart, 207-218.
- SCHOFER, E., 1952: Zur Anwendung von 4-Methyl-Thiouracil bei der Schweinemast, Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- SCHRIEFERS, H., H.-G. HOFF, F. POHL, 1968: $\Delta 4$ -5 α - Hydrogenase der Leber und Nebennierenrinden-Aktivität unter Einfluss von Schilddrüsenhormon. Acta Endocrinologica, 59 (2), 325-334.
- SHIVAPRASAD, H.L., R. CRESPO, B. PUSCHNER, 2004: Coronary artery rupture in male commercial turkeys. Avian Pathology, 33 (2), 226-232.
- SIMON, A., J. ZENTEK, 2013: Ernährungsphysiologische Grundlagen-Bestandteile von Futtermitteln, des Geflügelorganismus und von Geflügelprodukten. In: Jeroch H., A. Simon, J. Zentek (Hrsg.), 2013: Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 15-59.
- SIMPSON, C.F., R.J. BOUCEK, N.L. NOBLE, 1980: Similarity of Aortic Pathology in Marfan's Syndrome, Copper Deficiency in Chicks and B-Aminopropionitrile Toxicity in Turkeys. Experimental and Molecular Pathology, 32, 81-90.
- SPINAS, G.A., P. OTT, 2005: Erkrankungen in der Halsregion. In: Siegenthaler W. (Hrsg): Siegenthalers Differentialdiagnose: Innere Krankheiten – vom Symptom zur Diagnose, 19. Auflage, Georg Thieme Verlag, 480-497.
- SPINDLER, B., 2007: Pathologisch-anatomische und histologische Untersuchungen an Gelenken und Fußballen bei Puten der Linie BUT Big 6 bei der Haltung mit und ohne Außenklimabereich. Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover.

- STERRY, W., W. BURGDORF, R. PAUS, u.a., 2010: Krankheitsbilder und Verletzungen. In: Sterry, W., W. Burgdorf, R. Paus, R. Eming, J. Frank, I.M. Hadshiew, 2010: Checkliste Dermatologie: Venerologie, Allergologie, Phlebologie, Andrologie. 6. Auflage. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 28-612.
- STEWART, A.G., 2013: Human thyroid disease and the role of iodine. In: Proceedings, 17 th European Society of Veterinary and Comparative Nutrition Congress (Hrsg), 2013, 9-13.
- STOFFREGEN, M.H., 2005: Basedowsche Krankheit. In: Gerbaek, W.E., D.E. Haage, G. Keil, W. Wegner, (Hrsg), 2005: Enzyklopädie Medizingeschichte. Walter de Gruyter GmbH&CoKG, 152.
- STOPP, A., I. SCHÜLER, C. KRUTZINNA, J. HEB, 2012: Alternativen zu importierter Soja in der Milchviehfütterung, Langfassung. 1. Auflage, WWF Deutschland (Hrsg.), Berlin.
- SUMMERS, J., W. PEPPER, E. MORAN JR, H. BAYLEY, 1967: Utilization of rapeseed meal as a source of protein for turkeys. Canadian Journal of Animal Science, 47 (2), 131-136.
- TARAZ, Z., S. JALALI, F. RAFFEIE, 2006: Effects of replacement of soybean meal with rapeseed meal on organs weight, some blood biochemical parameters and performance of broiler chicks. International Journal of Poultry Science, 5 (12) 1110-1115.
- TRIPATHI, M. K., A. S. MISHRA, 2007: Glucosinolates in animal nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology, 132, (1), 1-27.
- TURNER, C., 1946: Effect of rape seed on the thyroid of the chick. Poultry Science, 25 (2), 186-187.
- VERBAND DEUTSCHER PUTENERZEUGER E.V. 2013: Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen. Verband Deutscher Putenerzeuger e.V. (Hrsg.), Berlin. Abgerufen von http://www.zdg-online.de/uploads/tx_userzdgdocs/VDP_Broschuere_EckwerteMastputen_29-04_1_ohne_Unterschriften.pdf am 30.12.2013.
- VEREDLUNGSPRODUKTION, 2005: Geschütztes Rapsschrot für die Hochleistungsmilchkuh-Wisan®-Raps. In: Veredelungsproduktion 1/2005, Abgerufen von http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Downloads/veredelungsproduktion_print/wpm5fc2.pdf am 04.01.2014

- WEBER, M., U. SCHULZE, 2013: Ergebnisse des UFOP-Monitorings 2012 zur Qualität von Rapsextraktionsschrot. In: Verband der Landwirtschaftskammern (Hrsg.), 2013: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 55-57.
- Weiß, J., F. Schöne, 2004: Rapsextraktionsschrot in der Schweinefütterung. Aktualisierte Auflage 2008, UFOP Praxisinformation.
- WICK, G., J. H. KITE, R. K. COLE, E. WITEBSKY, 1970: Spontaneous thyroiditis in the obese strain of chickens III. The Effect of Bursectomy on the Development of the Disease. The Journal of Immunology, 104 (1), 45-53.
- WICK, G., R. S. SUNDICK, B. ALBINI, 1974: The Obese strain (OS) of chickens: An animal model with spontaneous autoimmune thyroiditis. Clinical Immunology and Immunopathology, 3 (2), 272-300.
- WICK, G., K. HALA, H. WOLF, R.L. BOYD, K. SCHAUENSTEIN, 1984: Distribution and functional analysis of B-L/Ia-positive cells in the chicken: Expression of B-L/Ia antigens on thyroid epithelial cells in spontaneous autoimmune thyroiditis. Molecular Immunology, 21(12), 1259-1265.
- WICK, G., L. ANDERSSON, K. HALA, M. E. GERSHWIN, C. SELMI, G. F. ERF, S. J. LAMONT, R. SGONC, 2006: Avian models with spontaneous autoimmune diseases. Advances in immunology, 92, 71-117.
- WÖHLBIER, W., W. SCHNEIDER, 1966: Der Stoffansatz bei Ochsen unter dem Einfluß von Methylthiouracil. Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde, 21 (1-5), 34-40.
- WÜRZNER, H., W. WETSCHEREK, F. LETTNER, 1989: Rapeseed meal in rations for broiler chickens. Archiv für Geflügelkunde, 53 (1), 6-12.
- YOUSSEF, I. M., A. BEINEKE, K. ROHN, J. KAMPHUES, 2011: Effects of high dietary levels of soybean meal and its constituents (potassium, oligosaccharides) on foot pad dermatitis in growing turkeys housed on dry and wet litter. Archives of Animal Nutrition, 65 (2), 148-162.
- ZEB, A., A. SATTAR, U. MEULEN, 1999: Effect of feeding different levels of rapeseed meal on the performance of broiler chicks. Archiv für Geflügelkunde, 63 (2), 77-81.

7 Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlichst bei Herrn Prof. Dr. Bellof nicht nur für die Überlassung des Dissertationsthemas und die intensive Betreuung der Arbeit, sondern auch für einen sehr angenehmen Start in das Berufsleben bedanken. Die stets offene Tür für jegliche Art von Nachfragen hat das Arbeiten sehr erleichtert.

Ebenso geht mein Dank an Frau Prof. Dr. Kienzle für die jederzeit hilfsbereite und geduldige Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit, sowie die, insbesondere für den zweiten Teil der Arbeit, relevanten Anregungen.

Ein großer Dank geht auch an die UFOP (Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen) sowie den Freistaat Bayern für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes.

Bedanken möchte ich mich ebenso bei Herrn Prof. Dr. Schmidt für die Hilfe bei Fragen zur Zucht und Genetik.

Weiter möchte ich mich bei Frau Carrasco für die Mithilfe im Stall, die Hilfe bei der statistischen Auswertung und für das offene Ohr bei Anliegen rund um die Arbeit bedanken. „Muchas gracias por todo!“

Ein großer Dank gilt auch Herrn Dr. Benjamin Schade für die sehr gute Zusammenarbeit und stets spontane, gut gelaunte und unkomplizierte Hilfe auch nach Abschluss der Publikationen.

Auch danke ich Frau Jessica Weltin nicht nur für die Unterstützung des praktischen Versuches, sondern insbesondere für die herzliche Einführung in meine tägliche Arbeit.

Ein besonders großer Dank geht an Herrn Holger Weller – von dessen großen Erfahrungsschatz hinsichtlich der Putenhaltung ich sehr profitiert habe – für die Organisation der praktischen Durchführung des Versuches und die tolle Zusammenarbeit während der Anatomiepraktika.

Ebenfalls danke ich Herrn Ulli Berger für die tatkräftige und jederzeit hilfsbereite Unterstützung des Versuches.

Ein herzliches Dankeschön gilt auch Herrn Peter Weindl für die Lieferung etlicher Strohballen während des Versuches, für das Korrekturlesen der Dr. Arbeit, die sehr gute Zusammenarbeit während der Tierernährungspraktika, die Hilfsbereitschaft im Arbeitsalltag, vor allem aber für das gute Arbeitsklima und einen stets gut gelaunten Kollegen im Büro.

Desweiteren geht mein Dank an alle studentischen Hilfskräfte für ihre tatkräftige und gewissenhafte Hilfe beim Wiegen, Füttern und den täglichen Stallarbeiten.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Frau Julia Seitz, Nicole Hohneder und Simone Roos danke ich für die gemeinsam durchlebte Zeit während des Studiums und die trotz Zeitmangels anhaltende Freundschaft, welche sich nicht an der Quantität sondern Qualität der Treffen mißt. Ein besonderer Dank gilt auch Frau

Sabine Oberländer und Eva Hirschel für die sehr gute, langjährige Freundschaft und die Unterstützung in allen Lebenslagen.

Meinem Freund Herrn Cedric Duchemin danke ich nicht nur für die Hilfe im Stall, sondern auch den Rückhalt und das entgegengebrachte Verständnis, welche zu dem Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein größter Dank gilt aber meinen Eltern, welche mir das Studium und somit auch die Promotion ermöglicht haben. Ich danke Euch von ganzem Herzen für Eure grenzenlose Unterstützung und die Sicherheit sich zu 100 % auf seine Familie verlassen zu können.